

Aus dem Zentrum für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
am Klinikum der
Justus Liebig-Universität
Gießen
Gf. Direktor: Professor Dr. R. Kepp

**VERÄNDERUNGEN IM ELEKTROLYT-
UND SÄURE-BASENHAUSHALT
WÄHREND DER ERSTEN LEBENSTAGE**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Bereiches Human-Medizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Gerhard Christian Rauthe
aus Hellersen

Gießen 1974

Aus dem Zentrum für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
am Klinikum der
Justus Liebig-Universität
Gießen

Gf. Direktor: Professor Dr. R. Kepp

VERÄNDERUNGEN IM ELEKTROLYT- UND SÄURE-BASENHAUSHALT WÄHREND DER ERSTEN LEBENSTAGE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Bereiches Human-Medizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Gerhard Christian Rauthe
aus Hellersen

Gießen 1974



Dekan: Prof. Dr. D. Ringleb
Referent: Prof. Dr. C.-F. Michel
Korreferent: Prof. Dr. K. Menner

Verzeichnis der Kapitel

	Seite
1. Einleitung	4
2. Zusammenfassung	10
3. Hauptteil	11
3.1. Einleitung	11
3.2. Hauptteil	12
3.3. Zusammenfassung	17
3.4. Ergebnisse	19
3.5. Bedeutung der Ergebnisse	19
3.6. Bedeutung der Ergebnisse	21
3.7. Bedeutung der Ergebnisse	22
3.8. Bedeutung der Ergebnisse	23
3.9. Bedeutung der Ergebnisse	24
3.10. Bedeutung der Ergebnisse	25
3.11. Bedeutung der Ergebnisse	26
3.12. Bedeutung der Ergebnisse	27
3.13. Bedeutung der Ergebnisse	28
3.14. Bedeutung der Ergebnisse	29
3.15. Bedeutung der Ergebnisse	30
3.16. Bedeutung der Ergebnisse	31
3.17. Bedeutung der Ergebnisse	32
3.18. Bedeutung der Ergebnisse	33
3.19. Bedeutung der Ergebnisse	34
3.20. Bedeutung der Ergebnisse	35
3.21. Bedeutung der Ergebnisse	36
3.22. Bedeutung der Ergebnisse	37
3.23. Bedeutung der Ergebnisse	38
3.24. Bedeutung der Ergebnisse	39
3.25. Bedeutung der Ergebnisse	40
3.26. Bedeutung der Ergebnisse	41
3.27. Bedeutung der Ergebnisse	42
3.28. Bedeutung der Ergebnisse	43
3.29. Bedeutung der Ergebnisse	44
3.30. Bedeutung der Ergebnisse	45
3.31. Bedeutung der Ergebnisse	46
3.32. Bedeutung der Ergebnisse	47
3.33. Bedeutung der Ergebnisse	48
3.34. Bedeutung der Ergebnisse	49
3.35. Bedeutung der Ergebnisse	50
3.36. Bedeutung der Ergebnisse	51
3.37. Bedeutung der Ergebnisse	52
3.38. Bedeutung der Ergebnisse	53
3.39. Bedeutung der Ergebnisse	54
3.40. Bedeutung der Ergebnisse	55
3.41. Bedeutung der Ergebnisse	56
3.42. Bedeutung der Ergebnisse	57
3.43. Bedeutung der Ergebnisse	58
3.44. Bedeutung der Ergebnisse	59
3.45. Bedeutung der Ergebnisse	60
3.46. Bedeutung der Ergebnisse	61
3.47. Bedeutung der Ergebnisse	62
3.48. Bedeutung der Ergebnisse	63
3.49. Bedeutung der Ergebnisse	64
3.50. Bedeutung der Ergebnisse	65
3.51. Bedeutung der Ergebnisse	66
3.52. Bedeutung der Ergebnisse	67
3.53. Bedeutung der Ergebnisse	68
3.54. Bedeutung der Ergebnisse	69
3.55. Bedeutung der Ergebnisse	70
3.56. Bedeutung der Ergebnisse	71
3.57. Bedeutung der Ergebnisse	72
3.58. Bedeutung der Ergebnisse	73
3.59. Bedeutung der Ergebnisse	74
3.60. Bedeutung der Ergebnisse	75
3.61. Bedeutung der Ergebnisse	76
3.62. Bedeutung der Ergebnisse	77
3.63. Bedeutung der Ergebnisse	78
3.64. Bedeutung der Ergebnisse	79
3.65. Bedeutung der Ergebnisse	80
3.66. Bedeutung der Ergebnisse	81
3.67. Bedeutung der Ergebnisse	82
3.68. Bedeutung der Ergebnisse	83
3.69. Bedeutung der Ergebnisse	84
3.70. Bedeutung der Ergebnisse	85
3.71. Bedeutung der Ergebnisse	86
3.72. Bedeutung der Ergebnisse	87
3.73. Bedeutung der Ergebnisse	88
3.74. Bedeutung der Ergebnisse	89
3.75. Bedeutung der Ergebnisse	90
3.76. Bedeutung der Ergebnisse	91
3.77. Bedeutung der Ergebnisse	92
3.78. Bedeutung der Ergebnisse	93
3.79. Bedeutung der Ergebnisse	94
3.80. Bedeutung der Ergebnisse	95
3.81. Bedeutung der Ergebnisse	96
3.82. Bedeutung der Ergebnisse	97
3.83. Bedeutung der Ergebnisse	98
3.84. Bedeutung der Ergebnisse	99
3.85. Bedeutung der Ergebnisse	100
3.86. Bedeutung der Ergebnisse	101
3.87. Bedeutung der Ergebnisse	102
3.88. Bedeutung der Ergebnisse	103
3.89. Bedeutung der Ergebnisse	104
3.90. Bedeutung der Ergebnisse	105
3.91. Bedeutung der Ergebnisse	106
3.92. Bedeutung der Ergebnisse	107
3.93. Bedeutung der Ergebnisse	108
3.94. Bedeutung der Ergebnisse	109
3.95. Bedeutung der Ergebnisse	110
3.96. Bedeutung der Ergebnisse	111
3.97. Bedeutung der Ergebnisse	112
3.98. Bedeutung der Ergebnisse	113
3.99. Bedeutung der Ergebnisse	114
3.100. Bedeutung der Ergebnisse	115

Meinen Eltern in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	4
2. Material	10
3. Methode	11
3.1. Blutentnahme	11
3.2. Plasmagewinnung	18
3.3. Hämatokritmessung	19
3.4. Hb-Messung	19
3.5. Bestimmung des Säure-Basen-Status ...	19
3.6. Messung der Kalium-, Natrium- und Magnesiumkonzentrationen	21
3.6.1. Herstellung der Eichlösungen ..	22
3.6.2. Messung der Blut- und Plasma- proben	30
3.7. Statistische Berechnungen	34
4. Ergebnisse	35
5. Diskussion	63
5.1. Besprechung der Elektrolyte	63
5.2. Besprechung des Säure-Basen- Haushal- tes, des HK und Hb	91
6. Zusammenfassung	105
7. Literaturverzeichnis ...	108
8. Lebenslauf	127

1. E i n l e i t u n g

Die Geburt ist die Schwelle vom intrauterinen Dasein des Feten zum extrauterinen Leben des Neugeborenen. Sie bringt in vielen Beziehungen einen entscheidenden Umbruch für den kindlichen Organismus.

Im Uterus ist die Frucht vor den Einwirkungen der Aussenwelt weitgehend geschützt. Sie wird über die Plazenta mit Nährstoffen versorgt, die Stoffwechselendprodukte werden über sie wieder abgegeben. Ausserdem ist die Plazenta das fetale Atmungsorgan, das Sauerstoff aus dem mütterlichen Blut aufnimmt und Kohlendioxyd in das Blut der Mutter abgibt. Die Nabelschnur stellt die Verbindung zwischen Feten und Plazenta dar, die bei der Durchtrennung der Nabelschnur unterbrochen wird.

Nach der Belastung durch die Geburt muß sich das Neugeborene plötzlich unmittelbar mit seiner Umwelt auseinandersetzen und sein milieu interieur mit eigenen Kräften aufrecht erhalten und zu einem steady state gelangen.

Die Umstellung auf das extrauterine Leben bedarf einer Zeit, die einige Wochen beträgt. Während dieser Zeit, der Neugeborenenperiode, passt sich der junge Organismus an die Aussenwelt an. Die Veränderungen, denen das Neugeborene während dieser Wochen ausgesetzt ist, sind entscheidend für die weitere Entwicklung.

Der Vorgang der Anpassung wird durch die zum Teil sehr mangelhaften Funktionen der noch unreifen Organe und Fermentsysteme sowie die Umstellung im Organismus selber - wie etwa der Hämodynamik, der Atmung und des Stoffwechsels - noch erschwert.

Trotz dieser Erschwernisse kommt es im Normalfall zu einer Entwicklung, die zu einer Stabilisierung der Stoffwechsellage führt.

Die hohe Sterblichkeit in der Neugeborenenperiode ist nicht allein durch Fehlregulationen und Entgleisungen der Anpassung bedingt.

Viele Messgrößen weisen infolge der Umstellungsvorgänge in der Neugeborenenphase wesentlich stärkere Schwankungen auf als beim Erwachsenen. Dazu kommt, daß der für ein Neugeborenes noch physiologische Wert für einen Parameter in einem späteren Lebensabschnitt einen eindeutig pathologischen Charakter besäße.

Der Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt sind bei Erwachsenen Objekt eingehender Untersuchungen gewesen, die sich mit den Größen beim gesunden und auch erkrankten Individuum beschäftigen.

Im Gegensatz dazu existieren in diesem Bereich keine so zahlreichen und ausführlichen Ergebnisse bei Neugeborenen. Dieses mag zum Teil darin begründet liegen, daß für die meisten gebräuchlichen Methoden zur Elektrolytbestimmung eine größere Menge Blut benötigt wird, so daß zum Beispiel die Erstellung eines Tagesprofils von Neugeborenen nur schwer möglich ist.

In dieser Arbeit soll der Verlauf der Konzentrationen von Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten sowie die Veränderungen des Säure-Basen-Haushaltes, des Hämatokritwertes und Hämoglobingehaltes in den ersten postpartalen Lebenstagen beschrieben werden. Ausserdem sollen die ermittelten Werte verglichen werden mit physiologischen Werten bei Erwachsenen sowie mit charakteristischen Abweichungen bei bestimmten Erkrankungen.

Bei den Neugeborenen wurden die Werte am ersten bis

fünften Tag nach der Geburt je einmal und am dritten Lebenstag dreimal während des Tagesverlaufes bestimmt.

Von den im Organismus vorkommenden Ionen sind das Verhalten und die Wirkungen von Natrium und Kalium am besten bekannt. Der Stoffwechsel im gesunden und erkrankten erwachsenen Organismus wurde oft untersucht und besitzt eine wesentliche Bedeutung.

Erwähnenswert im Rahmen der vorliegenden Arbeit wäre die Retention von Natrium und Wasser unter Östrogeneinwirkung.

Die Physiologie und Pathophysiologie des Magnesiumstoffwechsels sind noch weitgehend unerforschter als die des Natrium und Kalium, obwohl auch Magnesium zu den Metallen im Organismus gehört, die nicht nur in Spuren, sondern in größeren Mengen vorkommen.

Die Magnesiumaufnahme findet im Darm statt. Sie beträgt pro Tag 20 bis 40 mval, bei Kleinkindern beläuft sich der Betrag auf 0,8 bis 1,6 mval/kg Körpergewicht (58). Nach Untersuchungen von SILVER et al. (90) mit dem Magnesiumisotop Mg^{28} absorbiert der Darm jedoch nur einen sehr begrenzten Magnesiumanteil.

Nach ELKINTON (26) werden $2/3$ des mit der Nahrung aufgenommenen Magnesium mit den Faeces unresorbiert ausgeschieden; $1/3$ des resorbierten Magnesium wird durch die Nieren eliminiert.

In den Nieren wird Magnesium bei der glomerulären Filtration und tubulären Reabsorption ähnlich behandelt wie Kalium (26), ein tubulärer Sekretionsprozess, analog dem für Kalium, wird noch diskutiert (39). Magnesium kann ähnlich konserviert werden wie Natrium. Etwa 96 % des glomerulär filtrierten Magnesium können durch die Tubuli resorbiert werden. Ein zusätzlicher Magnesiumverlust tritt durch den Schweiß auf.

Die Verteilung von Magnesium ähnelt der des Kalium. Nach Kalium ist es in den Zellen das am höchsten konzentrierte Metall (26, 39). Magnesium wird aber in der Zelle wahrscheinlich zum größten Teil nicht in ionaler Form vorliegen, sondern komplex an Proteine und Phosphate - ähnlich wie Kalzium - gebunden sein (20, 72). Daher diffundiert es nicht so stark wie Kalium und Natrium durch die Erythrozytenmembran (26). Der Konzentrationsquotient der Alkaliionen zwischen intra- und extrazellulärem Raum wird durch die sogenannte "Natrium-Kalium-Pumpe", mit Glycolyse als Energiespender, aufrechterhalten (20). Durch Glycolysehemmung tritt jedoch, obwohl Magnesium in den Erythrozyten weit höher konzentriert ist als im Plasma, kein Magnesiumverlust auf (99). Es existiert wegen der Bindung an Proteine und Phosphate nämlich trotz unterschiedlicher Konzentrationen kein Gradient (20, 99). Daher zeigen die Magnesiumspiegel von Plasma und Erythrozyten keine Korrelation in physiologischen Situationen (35). Der Prozentsatz des im Plasma an Proteine gebundenen Magnesium wird mit 25 bis 35 % angegeben (26).

Die Hälfte des gesamten Magnesiumbestandes des Körpers befindet sich im Skelettsystem und ein großer Teil des Magnesiumgehaltes unterliegt einem nur geringen turn over. Magnesium übt im Organismus wesentliche Funktionen aus. Für viele enzymatische Prozesse ist es ein wichtiger Faktor. Es aktiviert Fermente, wie zum Beispiel die Transphosphorylase, die Phosphatase, die Enolase, die Ketosäurenkarboxylase, die Lecithinase und ist entscheidend beim ATP- Stoffwechsel beteiligt (19, 26). Manche Prozesse, wie etwa die Fructokinasereaktion, benötigen außer Magnesium noch weitere Ionen (45). Zudem spielt es eine Rolle bei der Übertragung von Nervenimpulsen, wobei ein Kalzium-Magnesium-Antagonismus besteht (19).

Im ZNS wirkt Magnesium zentral und peripher dämpfend (38). Bei dem EKG hat Magnesium einen Einfluss auf die pQ-Zeit. Magnesium führt zu einer Vasodilatation und über diesen Effekt zur Blutdrucksenkung (19, 38). Speziell in der Niere besitzt Magnesium eventuell noch die Funktion, durch Bildung von Magnesium-Kalzium-Oxalaten Präzipitate in dem Kanälchensystem zu verhindern.

Direkte Einflüsse von Hormonen auf den Magnesiumhaushalt sind noch nicht bewiesen. Die Untersuchungen werden durch sekundäre Überlagerungen kompliziert und dadurch schwer beurteilbar (39).

KASCHIWA (54) vermutet jedoch nach seinen Ergebnissen, die an Ratten gewonnen wurden, eine "Hypophysen-Nieren-Achse" in bezug auf den Magnesiumstoffwechsel.

HILLS et al. (48) fanden eine Beeinflussung der renalen Magnesiumausscheidung durch adrenokortikale Hormone als Folge einer Natriumchloridexkretion.

Die Störungen im Magnesiumstoffwechsel haben noch nicht die praktisch-klinische Bedeutung erlangt, die sie wahrscheinlich verdienen (42). Eine Hypomagnesiämie wird gefunden bei Unterernährung, Lebercirrhose, Alkoholismus (41), Pancreatitis, nach Gallenblasenoperationen (42), bei akuten und chronischen Nierenerkrankungen mit Polyurie (11, 97), Quecksilberdiurese und diabetischer Azidose.

In der Gravidität wird bei den Müttern eine Erniedrigung des Magnesiumspiegel gefunden (38, 65), und auch bei Neugeborenen ist eine Hypomagnesiämie bekannt (99).

Ein erhöhter Magnesiumspiegel tritt bei renaler Insuffizienz mit Oligurie (11, 26), Hypertonie (2, 39, 40, 98) und Hyperthyreoidismus auf (99).

Die Messung des Hämatokritwertes und des Hämoglobingehaltes des Blutes sind in erster Linie bei der vorliegenden Arbeit von Interesse, um mit Hilfe des Hämatokritwertes in Verbindung mit den Elektrolytkonzentrationen von Plasma und Vollblut auf den Elektrolytgehalt der Erythrozyten zu schließen und um über den Hämoglobingehalt den Säure-Basen-Haushalt zu analysieren.

Eine Abnahme der beiden Größen tritt auf bei Anämien, eine Zunahme bei Polyglobulie und Polycythämie (23, 24, 42).

Der pH-Wert des Blutes wird beim Erwachsenen sehr konstant gehalten. Er ist abhängig von der Zufuhr von Säuren und Basen endogenen oder exogenen Ursprungs, durch deren renale und pulmonale Elimination und das Puffervermögen des Blutes (23, 24, 42, 55).

Die Werte für die Wasserstoffionenkonzentration für Neugeborene weichen stark von denen der Erwachsenen ab, zudem besteht eine viel größere Schwankungsbreite. Nicht nur das Blut-pH, auch der Base-Excess und der $p\text{CO}_2$ -Druck weisen, gemessen mit Erwachsenenmaßstäben, pathologische Werte auf. Beim Neugeborenen existiert eine postpartale gemischt respiratorisch-metabolische Azidose, für deren Genese mehrere Thesen angegeben werden (10, 12, 15, 28, 29, 57, 68, 77, 78, 79, 80, 92, 101, 106, 107, 110).

2. M a t e r i a l

Bei 162 Neugeborenen wurden die Kalium-, Natrium- und Magnesiumkonzentrationen im Vollblut und im Plasma, sowie Hämatokrit und Hämoglobingehalt gemessen und der Säure-Basen-Haushalt analysiert.

Diese Größen wurden vom ersten bis fünften Lebenstag je einmal um 7⁰⁰ Uhr, sowie am dritten Lebenstag um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und 19⁰⁰ Uhr bestimmt.

Es wurden reife, lebensfrische Kinder beiden Geschlechts ausgewählt, die in der Universitäts-Frauenklinik in Giessen geboren wurden und deren postnatale Entwicklung während des Untersuchungsintervalles klinisch unauffällig verlief.

Das leichteste Kind wog 2.590 g, das schwerste hatte ein Gewicht von 5.410 g.

Die Daten, wie viele Untersuchungen zu den einzelnen oben angegebenen Zeitpunkten stattfanden, sind aus den Tabellen X, XI, XII und XIII ersichtlich.

3. M e t h o d e

3.1. Blutentnahme

Das für die Bestimmung erforderliche Blut wurde aus dem rete calcaneum entnommen. Nach Hyperämisierung der Ferse durch kräftiges Reiben und Massieren, bis eine Rötung eintrat, und deren Säuberung durch Alkohol wurde Hemo-Lube^(R) aufgetragen und verteilt. Durch die dünne Hemo-Lube^(R)-Schicht hindurch, welche ein Verlaufen des Blutropfens verhindern sollte, wurde mit einer sterilen Einmallanzette in die Ferse gestochen und gewartet, bis das Blut spontan hervorquoll.

Die Blutentnahme musste sorgfältig durchgeführt werden, da sonst sowohl die Messergebnisse der Elektrolyte, insbesondere des Kalium, wie auch das pH, stark beeinflusst werden.

Eine einmalige Punktion der Ferse erwies sich in den meisten Fällen als ausreichend, bei häufigeren Lanzettstichen begannen die Neugeborenen öfters zu schreien.

In diesen Fällen mußte auf die Bestimmung des Säure-Basen-Haushaltes verzichtet werden, da es durch die Hyperventilation zu Verfälschungen kam (15).

Der erste Tropfen wurde verworfen. Dann wurde eine Hämatokritkapillare zu etwa 2/3 mit Blut gefüllt. Es folgte die Blutentnahme zur Bestimmung der Elektrolyte im Plasma.

0,3 ml Blut wurden in einem mit Hirudin präparierten Mikroteströhrchen aufgefangen (Beckmann Instruments).

Befand sich eine ausreichende Blutmenge im Röhrchen, wischte man mit einem feinen, mit etwas Watte versehenen Watteträger den Röhrchenhals aus, bis zum Flüssigkeitsspiegel im Röhrchen. Dann wurde es mit dem zugehörigen Stöpsel verschlossen.

Das Auswischen des Röhrchens und dessen Verschluss waren notwendig, um Hämolysen zu verhindern.

Anschließend wurde eine kombinierte Glas-PVC-Kapillare für die Messung des Säure-Basen-Haushaltes mit Blut gefüllt (79), an beiden Enden luftdicht verschlossen durch Verknoten der Plastikstücke und auf schmelzendes Eis gelegt. Bei der Entnahme sollte das Blut keinen Kontakt mit der atmosphärischen Luft bekommen, damit durch Verflüchtigung von Säuren die Ergebnisse nicht beeinträchtigt werden. Die Lagerung war waagrecht, um eine Sedimentation zu einem Ende der Kapillare zu vermeiden.

Die zur Blutentnahme bestimmte Kapillare war mit einem mit Heparinlösung getränkten Faden präpariert. Heparinbeimengungen, die eine Konzentration von 1 mg/ml Blut nicht überschreiten, haben einen minimalen Einfluss auf den Säure-Basen-Status (79). Eine zu starke Tränkung mit der Heparinlösung oder eine Austrocknung des Baumwollfaden an der Luft war zu vermeiden, um eine Verdünnung oder Eindickung des Blutes zu verhindern. Es wurde im wesentlichen das von SALING (79) angegebene Verfahren verwendet.

Das Aufbewahren auf schmelzendem Eis bis zur Messung soll einen weiteren Stoffwechsel der Blutzellen verhindern, da durch die anfallenden Metaboliten eine Erniedrigung des ursprünglichen pH-Wertes einträte (79, 84,88).

Während der Lagerung sollte sich das Blut in dem Glas-
teil der kombinierten Glas-PVC-Kapillare befinden, da
es nach SALING (79) zu einem Gasaustausch zwischen dem
Kunststoff und dem Blut kommen kann.

Bei Erwachsenen besteht eine ausgezeichnete Korrela-
tion bei der pH-Messung zwischen arteriellem und arteria-
lisiertem Kapillarblut.

GANDY et al. (29) untersuchte bei Neugeborenen die Bezie-
hung zwischen arteriellem Blut, gewonnen aus der Umbili-
calarterie oder der Femoralarterie und arterialisiertem
Blut aus der Ferse. Es wurden dabei gesunde Neugebore-
ne sowie zyanotische mit cardiopulmonaler Insuffizienz,
hyalinen Membranen, nach Aspiration von Mekonium und
mit kongenitalen Herzfehlern genommen.

Dabei wurde bei dem gesunden Kollektiv in 60 % der Fälle
innerhalb einer Stunde nach der Geburt eine pH-Diffe-
renz zwischen arteriellem und arterialisiertem Blut
von 0,015 und ein pCO_2 -Unterschied von mehr als 5 mm
Quecksilbersäule gefunden.

Nach drei Stunden waren die Abweichungen in keinem der
untersuchten Fälle größer als 0,03 pH-Einheiten und
5 mm Quecksilber bei der Bestimmung des Kohlendioxyd-
Druckes. Bei dem kranken Vergleichskollektiv bestand
eine wesentlich größere Diskrepanz zwischen arteriel-
lem und arterialisiertem Blut, die mit zunehmendem Al-
ter sogar noch zunahm.

Die bei den gesunden Kindern gefundenen größeren Un-
terschiede in der ersten Stunde mögen auf periphere
Vasokonstriktion, hervorgerufen durch niedrigere Aus-
sentemperatur als im Uterus, die Katecholaminschwan-
kungen und Minderdurchblutung der Extremitäten in der
Kreislaufanpassungsphase beruhen.

Auch HICKL (47) fand gute Korrelationen zwischen Nabelschnurblut- und Kapillarblutwerten beim Säure-Basen-Haushalt, so daß eine Bestimmung mit Kapillarblut gerechtfertigt ist.

Die Nomogramme zur Bestimmung des BE und des pCO_2 über die aktuelle Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, den Hämoglobinwert und die Messung der Wasserstoffionenkonzentration des Blutes nach Äquilibration mit einem Gasgemisch sind für Erwachsene aufgestellt.

Erwachsenenblut hat eine von Neugeborenenblut abweichende Proteinkonzentration. Im Gegensatz zum Erwachsenen, der hauptsächlich die Hämoglobinart Hb A₁ und Hb A₂ besitzt, enthält der Kreislauf von Neugeborenen noch größere Mengen von fetalen Hämoglobin Hb F.

ROOTH et al (78) führte parallele Bestimmungen durch; einmal wurde Base-Excess bei Neugeborenen mit dem Nomogramm von SIGGARD-ANDERSEN (89) graphisch ermittelt, zum anderen rechnerisch mit Hilfe der Gleichung von v. SLYKE und von HENDERSON-HASSELBACH. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen errechneten und von Nomogramm abgelesenen Werten gefunden. Daher ist es gerechtfertigt, auch für den Säure-Basen-Status von Neugeborenen das Nomogramm zu benutzen.

Darauf pipettierte man direkt von einem austretenden Blutstropfen in vorher abgemessene Mengen Verdünnungslösung nach Herrmann (Titrisole^(R)) mit einer Mikroliterpipette (Mikroliterpipette "Marburg", Eppendorf) zur Elektrolytmessung im Blut; es wurden für die Magnesiumbestimmung 0,02 ml Blut zu 5 ml Verdünnungslösung nach Herrmann, für die Natrium- und Kaliummessung 0,02 ml Blut zu 25 ml Lösung gegeben.

Es gibt zwei Möglichkeiten, den Elektrolytgehalt der Erythrozyten zu bestimmen.

Einmal kann man, wenn man Blut ausreichend lange und scharf zentrifugiert hat, aus den gepackten Zellen direkt den Wert ermitteln, oder man misst die Elektrolytkonzentration im Plasma und im Vollblut und errechnet mit Hilfe des Hämatokritwertes die Konzentration in den Erythrozyten.

Der zweite indirekte Weg wurde bei der vorliegenden Arbeit beschritten.

Die Konzentration in den Erythrozyten wurde berechnet nach folgender Formel:

$$\text{Erythrozytenkonz.} = \frac{\text{Vollblutkonz.} \times 100 - \text{Plasmakonz.} \times (100 - \text{Hämatokritwert})}{\text{Hämatokritwert}}$$

Bei dieser Methode stört jedoch das sogenannte "trapped plasma" (9, 16, 17, 18, 75). Es ist die Plasmamenge, die sich trotz langen und scharfen Zentrifugierens noch zwischen den eng gepackten Erythrozyten befindet.

Auf diesen Faktor wurde bei den verschiedenen Autoren unterschiedlicher Wert gelegt. Manche ermittelten das eingefangene Plasma mit durch Jod markiertem Humanalbumin (18) oder mit dem ^{51}Cr -EDTA-Isotopenverdünnungsverfahren (16), andere mit radioaktivem Kohlenstoff (9). Ein Nachteil aller dieser Verfahren ist aber die sehr große Blutmenge, die benötigt wird.

BURCK (16) zum Beispiel gibt 7 bis 8 ml an zur Bestimmung des intraerythrozytären Kalium-, Natrium- und Manesiumgehaltes.

Bedenkt man, daß für die vorliegenden Ergebnisse bei einem Neugeborenen mitunter die Konzentration der Erythrozyten dreimal an einem Tag gemessen wurde, wäre das eine unzumutbare Belastung, da zu dem ins Gewicht fallende Blutverlust wiederholte Gefäßpunktionen kämen.

Nach der hier ausgearbeiteten Methode wurde zur Ermittlung von Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten ein Blutvolumen von etwa 0,35 ml nicht überschritten, was bedeutet, daß im Vergleich mit der von BURCK (16) angegebenen Methodik weniger als 1/20 der Blutmenge benötigt wurde.

RIECKER (75) schätzt anhand seines Materials den Fehler, der durch im Sediment interzellulär vorhandenes Plasma vorkommt, auf 0,3 %.

Über die Bestimmung der Elektrolytkonzentrationen in den Erythrozyten ist es möglich, auf die Verhältnisse, die in den Körperzellen herrschen, zu schließen. Zwar findet zwischen den Erythrozyten und dem Plasma ein zirka 60 mal langsamerer Elektrolytaustausch statt als zwischen den Muskelzellen und dem extrazellulären Raum, die Erythrozyten sind jedoch das einzige Zellmaterial, über welches man in ausreichender Menge verfügt (31).

Nach KAPITOLA (53), GESSLER (30), LOSSE et al. (60), RIECKER (75) und RIECKER et al (76) kann man Erythrozyten zur Orientierung über die Ionenverschiebungen zwischen intrazellulärem und extrazellulärem Raum benutzen.

Die Reagenzröhrchen aus Polystrol der Firma Milian Instruments, die die 5 ml Verdünnungslösung nach Herrmann enthielten, waren elektrolytfrei, wie durch wiederholte Testung festgestellt werden konnte. Das Volumen von 5 ml wurde stets nur mit einer 5 ml Vollpipette abgemessen, die zu keinem anderen Zweck als diesem verwandt wurde.

Das Volumen von 25 ml wurde mit 25 ml Enghalsmesskolben abgemessen,

die vor ihrer ersten Benutzung mit Quecksilber auf ihr angegebenes Volumen geprüft worden waren. Nach jedem Gebrauch wurden sie in Chromschwefelsäure gelegt, anschließend mit aqua destillata und dann mit aqua redestillata oft gespült.

Die Mikroliterpipette "Marburg" wurde jede Woche mehrmals auf ihre Konstanz durch Wägen mit aqua destillata mit einer analytischen Waage geprüft und gegebenenfalls nachgeeicht.

Zuletzt wurden 0,02 ml Blut zu 10 ml Hb-Lösung pipettiert zur Hämoglobinbestimmung.

3.2. Plasmagewinnung

Die mit Blut gefüllten und danach verschlossenen Teströhrchen wurden bei 1.500 Upm zwei Minuten in der Spinco Microfuge (Beckmann Instruments) zentrifugiert.

Von dem dann überstehenden Plasma wurden 0,02 ml zu 5 ml Verdünnungslösung nach Herrmann pipettiert zur Magnesium- und Kaliummessung im Plasma. Zur Natriummessung im Plasma wurden 0,02 ml zu 25 ml Verdünnungslösung pipettiert.

Um eine, wohl überwiegend mechanische, Hämolyse des Blutes in den kleinen Teströhrchen während des Zentrifugierens zu verhindern, mußten die Gefäße nach folgendem Schema präpariert werden:

Man löste 3.000 ATE Hirudin der Firma Serva GmbH, Heidelberg, in 100 ml a. bidest.

Von dieser Hirudinlösung gab man 0,04 ml in die Mikroteströhrchen, wobei ein Teil der Lösung das Röhrchen dicht unterhalb des Halses benetzen sollte.

Die Röhrchen wurden waagerecht gelagert und im Trockenschrank bei 60° Celsius 24 Stunden lang getrocknet. Dann wurden sie bis zum Verbrauch verschlossen. Diese Behandlung hatte zur Folge, daß - ohne das Volumen des Blutes zu beeinträchtigen - die Gerinnung gerade verhindert wurde, ohne daß die sich im Hirudin befindlichen Spuren von Elektrolyten - besonders Mg ließ sich bei höheren Hirudinkonzentrationen nachweisen - bei der späteren Messung von Natrium, Kalium und Magnesium störten.

3.3. Hämatokritmessung

Die Hämatokritkapillare wurde, nachdem das nicht mit Blut gefüllte Ende zugeschmolzen worden war, ohne daß sich dabei die Kapillare verformte und besonders eine kolbige Auftreibung vermieden wurde, was zur Verzerrung bei der Messung führte, bei ca. 12.000 g fünf Minuten lang zentrifugiert (Hawelsky Mikro-Hämatokrit-Zentrifuge, Beckmann Instruments). Danach war eine größtmögliche Sedimentation der festen Blutbestandteile erreicht und man konnte den Hämatokritwert unmittelbar mit dem von derselben Firma gelieferten "Mikro-Hämatokrit-Anzeiger" ablesen.

3.4. Hb-Messung

Die Hämoglobinbestimmung wurde nach dem Cyanhämoglobinverfahren durchgeführt mit dem Photometer Eppendorf 1101 M der Firma Eppendorf Gerätebau, Hamburg.

3.5. Bestimmung des Säure-Basen-Status

Bis zu ca. zwei Stunden zeigt sich bei der oben geschilderten Aufbewahrung - verschlossene Kapillaren, Lagerung auf Eis - eine kaum messbare pH-Änderung (84, 88). Es wurde jedoch darauf geachtet, daß der Zeitraum zwischen Entnahme und Messung stets weit unter diesem angegebenen Intervall lag und meistens innerhalb einer Stunde erfolgte.

Die Werte wurden mit dem pH-Meter 22 bestimmt. Es wurde eine gesättigte KCl-Lösung als Brückenflüssigkeit verwendet (1, 84, 86) und die Brückentemperatur lag bei der Apparatur im Kreislauf des Thermostaten (1, 65, 86), der auf Körpertemperatur eingestellt war (85).

Die zur Eichung benutzten Pufferlösungen besaßen ein pH, welches nahe dem des zu bestimmenden lag.

Außerdem sollten sich in ihrer chemischen Zusammensetzung die zu messende Probe und die Vergleichslösung ähnlich sein; eine Phosphatpuffermischung für die Eichlösung hat sich bewährt (65, 84).

Es wurde eine "getrennte" Glas-Kalomel-Elektrode benutzt, wobei der Kontakt zwischen Blut und KCl durch direkte Berührung erfolgte (84).

Trotz der Abnahme des pH durch Änderung der Sedimentationsgeschwindigkeit, Effekt der suspendierten korpuskulären Blutelemente, ist eine "Plasmamessung", wie sie von SEVERINGHAUS et al. (85) gefordert wird, wegen der so vermehrt auftretenden Fehlerquellen unzulässig (84).

Zuerst wurde der aktuelle pH-Wert des Blutes gemessen, dann wurde mit einem vorher in seiner Zusammensetzung genau analysierten Gasgemisch das Blut äquilibriert und der dann erhaltene pH-Wert ermittelt.

Mit diesen zwei pH-Angaben, dem Hb-Gehalt des Blutes und dem Barometerstand konnte anschließend mit Hilfe des Siggaard-Andersen Curve Nomogramm (89), Base Excess und $p\text{CO}_2$, d.h. der CO_2 -Druck, ermittelt werden.

3.6. Messung der Kalium-, Natrium- und Magnesiumkonzentrationen

Die Ermittlung der Elektrolyte wurde mit Hilfe der Atomabsorptionsspektroskopie vorgenommen.

Die Atomabsorptionsspektroskopie wurde von WALSH (100) beschrieben.

Von WILLIS (102, 103, 104, 105) wurde diese Methode erstmals zur Messung von Elektrolyten in biologischen Flüssigkeiten herangezogen.

Durch einen Gasstrom erfolgt vermittelt einer Düse die Zerstäubung des Lösungsmittels, in dem die zu messende Substanz sich befindet. In einer Mischkammer werden Pressluft, vernebeltes Lösungsmittel und Heizgas (Azetylen) mit zwei Propellern miteinander verquirlt und gelangen von dort in einen Brenner. Die dort brennende Flamme hat die Aufgabe, das Lösungsmittel zu verdampfen und eine Dissoziation der Moleküle zu atomarem Dampf zu bewirken, in welchem sich die Teilchen im Grundzustand befinden. Modulierte Strahlen von einer Hohlkatodenlampe als Quelle passieren diese Flamme und die Atome absorbieren quantitativ das Licht, das außerhalb der Flamme erzeugt wird. Die Absorption wird gemessen und von ihr auf die Konzentration der zu bestimmenden Substanz im Lösungsmittel geschlossen. Die thermische Energie der Flamme wird nicht dazu benutzt, die Atome zur Emission anzuregen, welche sogar einen störenden Interferenzeinfluss ausübte. Eine hohe Flammentemperatur wäre aus diesem Grunde störend (13, 21, 43, 49, 52, 95, 100, 103).

Bei den vorliegenden Messungen wurde das Atom-Absorptions-Spektralphotometer SP 90 (Leitz-Unicam) in Verbindung mit dem Schreiber SP 22 Recorder (Unicam) benutzt.

3.6.1. Herstellung der Eichlösungen

Die Voraussetzung für die quantitative Elektrolytbestimmung mit Hilfe der Atomabsorption ist die Herstellung von Eichlösungen.

Die Lösungen für Natrium und Kalium wurden aus den Chloriden der Metalle gewonnen (43, 105), die für Magnesium aus reinem metallischem Magnesium (104).

Bei orientierenden Vorversuchen stellte sich heraus, daß die bei Neugeborenen zu erwartenden Werte für Natrium im Plasma bei 140 mval/l und im Vollblut bei 70 mval/l lagen. Es erwies sich deshalb eine Eichkurve für günstig, deren oberster Punkt bei 150 mval/l, deren unterster Eichpunkt bei 60 mval/l lag.

Um eine Stammlösung mit der Konzentration von 150 mval/l herzustellen, wurde Kochsalz bei ca. 100° Celsius im Trockenschrank getrocknet und dann mit einer Analysenwaage eine entsprechende Menge eingewogen.

Das Salz wurde mit verbrauchsfertiger Verdünnungslösung nach Herrmann gelöst. Das benutzte Wasser wurde mit dem "Bidestillator" nach Zellner gewonnen.

Die so hergestellte Stammlösung wurde für die einzelnen Eichlösungen verdünnt. Die Konzentrationsunterschiede betrugen jeweils 10 mval/l.

Zur Kontrolle wurde diese Verdünnungsreihe nach der Konzentration von 110 mval/l unterbrochen und eine zweite Stammlösung nach demselben Rezept hergestellt mit einer Konzentration von 100 mval/l.

Als Beispiel wird die Eichkurve für Natrium für Plasma und Blut vom 7.5.1970 wiedergegeben.

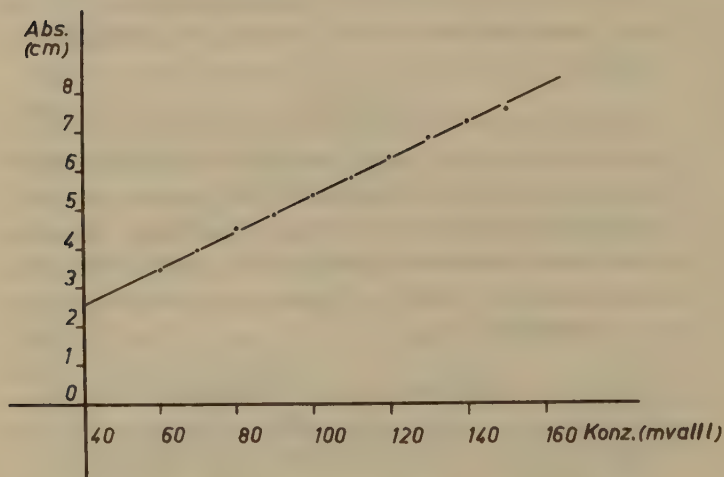


Abb. 1: Eichkurve Natrium für Plasma und Blut vom 7.5.1970

Werte:	60 mval/l	entsprechen	3,45 cm
	70 mval/l	entsprechen	3,95 cm
	80 mval/l	entsprechen	4,50 cm
	90 mval/l	entsprechen	4,85 cm
	100 mval/l	entsprechen	5,35 cm
	110 mval/l	entsprechen	5,80 cm
	120 mval/l	entsprechen	6,30 cm
	130 mval/l	entsprechen	6,80 cm
	140 mval/l	entsprechen	7,20 cm
	150 mval/l	entsprechen	7,50 cm

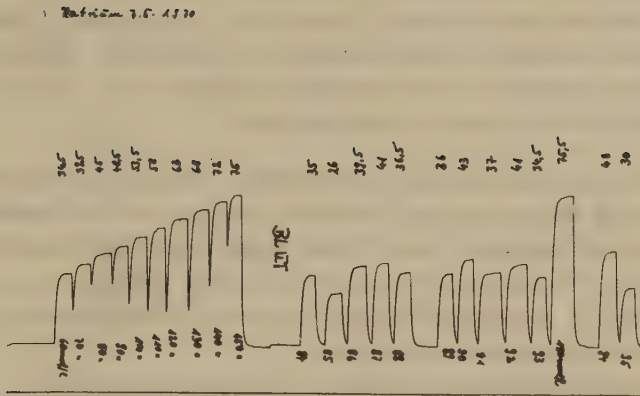


Abb. 1a: Eichkurve Natrium vom 7.5.1970 und Blutproben

Die Abb. 1a zeigt links die Eichkurve.

Es wurden Eichlösungen mit Natriumkonzentrationen von 60 mval/l bis 150 mval/l vernebelt. Nach der Serie der Eichlösungen wurde länger mit aqua bidestillata gespült und gewartet, bis sich das Gerät wieder auf seine Nulllinie einstellte. Anschließend wurde der Apparat mit den Blutproben Nr. 84 bis Nr. 93 beschickt.

Dann wurde noch einmal eine Eichlösung mit der Konzentration 150 mval/l versprüht, um zu prüfen, ob sich inzwischen die Absorption verändert hatte.

Darauf konnten weitere Proben gemessen werden.

Die Eichlösungen für Kalium wurden mit Kaliumchlorid hergestellt.

Bei den Voruntersuchungen erhielt man Werte für Kalium im Plasma, die sich um 6 mval/l und im Vollblut solche, die sich um etwa 70 mval/l bewegten. Es war daher nötig, mit zwei verschiedenen Eichkurven zu arbeiten; einer, die für den Bereich des Plasmas und einer, die für die Messung im Vollblut zu benutzen war.

Das Salz wurde ebenfalls getrocknet, eingewogen und die benötigte Salzquantität verdünnt, um die beiden Stammlösungen zu bekommen. Eine Stammlösung besaß die Konzentration von 100 mval/l. Für die Eichlösung wurde sie in 10 mval/l - Schritten bis auf 60 mval/l verdünnt, so daß man fünf Eichpunkte erhielt.

Die zweite Stammlösung hatte die Konzentration von 10 mval/l. Sie wurde in 2 mval/l - Schritten bis auf 2 mval/l verdünnt; so erhielt man ebenfalls fünf Eichpunkte.

Wegen der bei den eigenen Messungen gefundenen und in der Literatur bestätigten Beeinflussung der Absorption des Kalium durch Natrium (43, 44, 105) wurden bei beiden Stammlösungen je 150 mval Natrium pro Liter Stammlösung hinzugegeben.

Als Beispiel die Eichkurven für Kalium für Plasma vom 21.12.1970 und für Blut vom 12.11.1970.

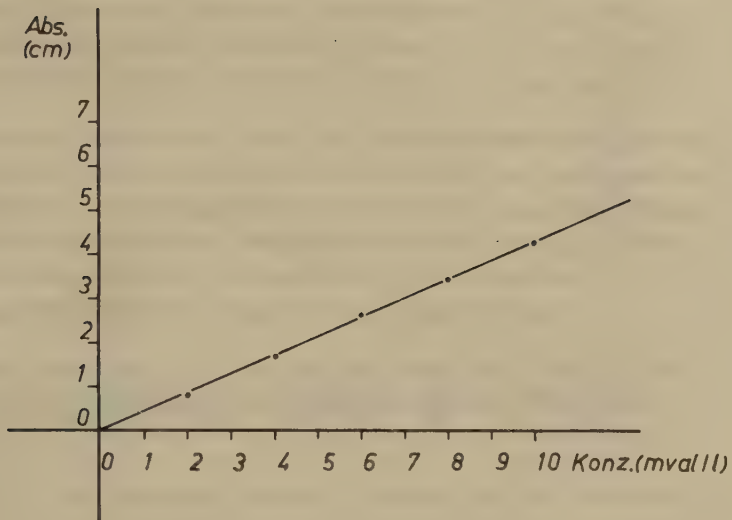


Abb. 2: Eichkurve Kalium für Plasma vom 21. 12. 1970

Werte: 2 mval/l entsprechen 0,80 cm
 4 mval/l entsprechen 1,70 cm
 6 mval/l entsprechen 2,65 cm
 8 mval/l entsprechen 3,45 cm
 10 mval/l entsprechen 4,25 cm

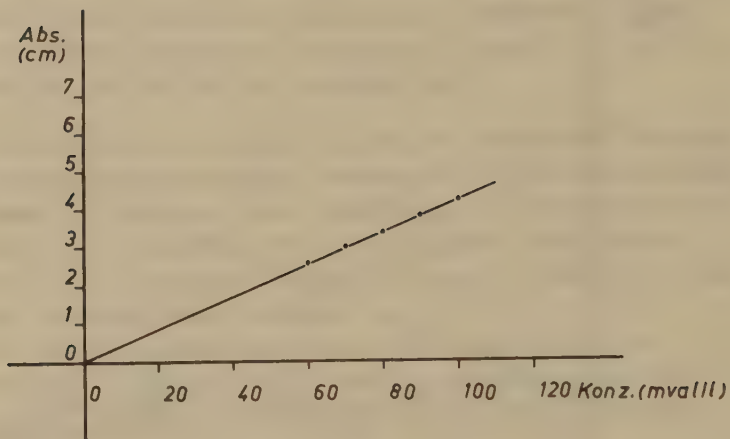


Abb. 3: Eichkurve Kalium für Blut vom 12. 11. 1970

Werte: 60 mval/l entsprechen 2,60 cm
 70 mval/l entsprechen 3,00 cm
 80 mval/l entsprechen 3,40 cm
 90 mval/l entsprechen 3,85 cm
 100 mval/l entsprechen 4,25 cm

Für Magnesium wurde für die Eichlösungen metallisches Magnesium verwendet. Das zur Verfügung stehende Magnesiumband wurde zunächst blankgekratzt, um dem Band außen anhaftende Verunreinigungen, die zu einer Verfälschung der Menge geführt hätten, zu beseitigen.

Die benötigte Menge wurde in einem Minimum konzentrierter Salzsäure pro analysi gelöst (84) und in Magnesiumchlorid überführt. Dabei mußte darauf geachtet werden, daß bei dem stark exothermen Prozess, bei dem zusätzlich Wasserstoff frei wird, infolge der Gasentwicklung und Erhitzung kein Magnesium verlorenging.

Nach erfolgter, vollständiger Lösung wurde wieder mit verbrauchsfertiger Verdünnungslösung nach Herrmann verdünnt.

Die orientierenden Voruntersuchungen hatten ergeben, daß die Magnesiumkonzentrationen im Plasma um 1,5 mval/l, im Vollblut um 3 mval/l streuten. Es wurde daher eine Stammlösung mit einer Konzentration von 6 mval/l hergestellt. Diese wurde in 1 mval/l - Schritten bis zu 1 mval/l verdünnt, so daß die Eichkurve 6 Eichpunkte erhielt, die man für die Plasma- und Blutprobenmessung verwenden konnte.

Bei einer Gegeneichung mit $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ kam man nach Trocknung des Salzes im Exsiccator mit Phosphorpentoxyd zu den gleichen Ergebnissen.

Als Beispiel die Eichkurve für Magnesium für Plasma und Blut vom 29.10.1970.

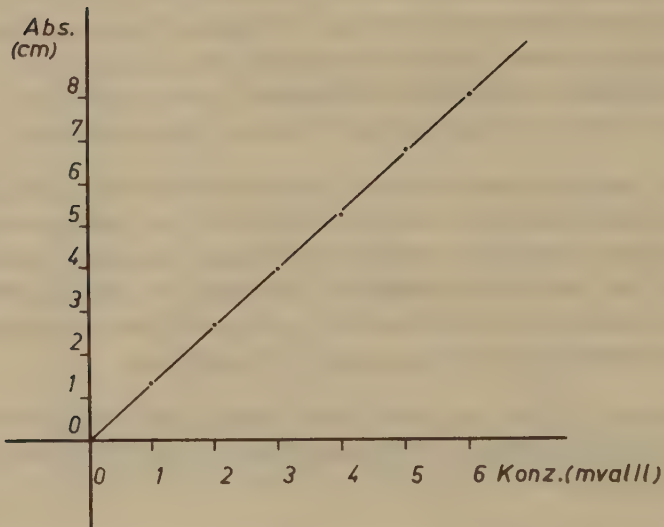


Abb. 4: Eichkurve Magnesium für Plasma und Blut vom 29.10.1970

Werte: 1 mval/l entspricht 1,35 cm
2 mval/l entsprechen 2,70 cm
3 mval/l entsprechen 4,00 cm
4 mval/l entsprechen 5,25 cm
5 mval/l entsprechen 6,75 cm
6 mval/l entsprechen 8,00 cm

3.6.2. Messung der Blut- und Plasmaproben

Bevor mit der Messung begonnen werden konnte, mußte das Atomabsorptionsspektralphotometer ca. 20 Minuten eingeschaltet sein, die Hohlkathodenlampe mußte sich aufwärmen, die Flamme mußte - während a.bidest. verstäubt wurde - brennen, damit besonders am Brennerschlitz des Brenners sich während der Messung die Temperaturen nicht mehr veränderten und dadurch die Verhältnisse der Flamme konstant blieben (103). Nach diesem Intervall blieb die Nulllinie konstant.

Die Wellenlänge, bei der gemessen wurde, betrug für Natrium 589,0 nm, für Kalium 766,5 nm und für Magnesium 285,2 nm.

Die entsprechende Wellenlänge wurde zuerst auf der Wählskala eingestellt und dann mit einer Feinregulierung bis zu einem Ausschlagsmaximum justiert. Es erwies sich als günstig, eine Spaltbreite von 0,1 mm zu wählen. Die Flamme brannte mit einer Mischung von Azetylen und Pressluft.

Wenn diese Vorbereitung getroffen war, wurde durch Verstärkung die Messskala soweit gespreizt, wie es nötig war, um die unterschiedlichen Messausschläge gut differenzieren zu können und es möglich war, ohne daß der Rauschpegel zu hoch wurde. So kam man beim Natrium mit der Verstärkung V_2 bis V_3 aus, bei Magnesium arbeitete man gut mit V_5 bis V_6 während man bei Kalium bis etwa V_9 verstärken mußte.

Um nun nach diesen Vorbereitungen mit den eigentlichen Messungen beginnen zu können, wurde der Nullpunkt eingestellt, während man fortwährend aqua bidestillata, mit Verdünnungsflüssigkeit nach Herrmann versetzt, vernebelte.

Wenn der Nullpunkt konstant blieb, beschickte man den Apparat mit der Eichlösungenreihe.

Einerseits ist es für die Messung günstig, mit möglichst unverdünntem Plasma und Blut zu arbeiten. Es störten dann jedoch die Unterschiede zwischen Plasma und Blut auf der einen Seite und den Eichlösungen auf der anderen Seite hinsichtlich der Viskosität und der Oberflächenspannung, da die Eichlösungen ausser den Elektrolyten keine weiteren Zusätze - besonders kolloidalen Charakters - besitzen.

Es ist daher eine Verdünnung notwendig, die so hoch ist, daß diese Unterschiede zu vernachlässigen sind.

Von HERRMANN (43) wird angegeben, daß zu diesem Zweck eine Verdünnung von 1:5 genügt.

Bei der vorliegenden Arbeit war der Anteil der Verdünnungsflüssigkeit noch wesentlich größer. Die Proben wurden für die Messung von Magnesium im Plasma und Blut und von Kalium im Plasma mehr als 250-fach, für die Messung von Natrium im Plasma und Blut und von Kalium im Blut mehr als 1.250-fach verdünnt.

Die Eichlösungen wurden in demselben Maßstab verdünnt wie die zu untersuchenden Blut- und Plasmaproben.

Nach den Eichlösungen wurde reichlich mit Verdünnungslösung nach Herrmann gespült, bis sich der Nullpunkt wieder eingestellt hatte; dann konnte man mit der Analyse der Proben beginnen.

Nach jeder Probe war mit Verdünnungslösung zu spülen, um das Zuleitungssystem, Mischkammer und Brenner von verunreinigenden Rückständen zu säubern, die das nächste Messergebnis verfälscht hätten.

Bei längeren Messreihen war eine Zunahme der Absorption zu beobachten.

Dieser störende Effekt war besonders ausgeprägt bei Kaliummessungen. Die Absorption nahm als Funktion der Zeit linear zu.

Meistens war eine rein geometrische Korrektur der Ergebnisse nicht mit hinreichender Genauigkeit möglich. In ausreichend großen Zeitabständen wurde zwischen den Proben eine Eichlösung zerstäubt und der Ausschlag gemessen. Nach Abschluss der Messreihe wurde eine Kurve gezeichnet, auf deren Ordinate die verschiedenen Absorptionen der Eichlösung gemessen in Zentimeter, auf deren Abszisse die Zeit abgetragen wurde, während welcher die Absorption sich geändert hatte.

Da eine lineare Beziehung festgestellt wurde, konnte man durch die erhaltenen Messpunkte eine Gerade legen und bestimmen, um wieviel die Absorption vom Messbeginn bis zu deren Ende sich geändert hatte; es war stets ein Ansteigen der Absorption mit der Zeit zu verzeichnen. Man konnte dann, trotz ansteigender Absorption, an der ursprünglichen, zu Beginn der Messung aufgestellten Eichkurve, die Konzentration aller nachfolgenden Proben bestimmen. Es wurde für jede Probe der prozentuale Anstieg der Absorption ermittelt. Dann wurde das durch den Absorptionsanstieg zu große Ergebnis auf seinen tatsächlichen Wert reduziert. Der Vorgang soll an einem Beispiel erläutert werden, anhand einer Kaliummessreihe:

Die Absorption für die Eichlösung mit der Konzentration 10 mval/l beträgt bei der Zeit $t_0 = 4,95$ cm.

Sie beträgt bei der Zeit $t_8 = 5,55$ cm.

Die Differenz der zwei Absorptionen ist 0,60 cm. Bezogen auf die Absorption bei der Zeit $t \approx 0$ ist es während der 8 Zeiteinheiten zu einer prozentualen Absorptionssteigerung von 12,12 % gekommen.

In dem Zeitintervall zwischen $t = 0$ und $t = 8$ steigt die Absorption linear je 0,1 Zeiteinheiten, um 0,15 % an.

Eine Plasmaprobe sei zur Kaliummessung bei der Zeit $t = 7,9$ in das Atomabsorptionsspektrometer gegeben.

Der Ausschlag betrage 2,60 cm.

Nach Ablesen an der Eichkurve wäre die Kaliumkonzentration 5,65 mval/l.

Bei der Zeit $t = 7,9$, an der die Probe gemessen wurde, liegt die Absorption jedoch 11,97 % höher als bei $t = 0$. Bei dem Beispiel läge der tatsächliche Wert bei

$$X = \frac{5,65 \times 100}{100 + 11,97}$$

$$X = 5,05$$

5,05 mval/l.

Die Messungen der Elektrolytkonzentrationen im Vollblut erfolgte, um zusammen mit Hämatokrit und Elektrolytgehalt im Plasma die Konzentrationen in den Erythrozyten rechnerisch ermitteln zu können. Dabei wurde vernachlässigt, daß der Hämatokritwert sich nicht nur aus den Erythrozyten rekrutiert, sondern daß in ihn sämtliche korpuskulären Blutbestandteile eingehen sowie das trapped plasma. Unter physiologischen Bedingungen ist es jedoch so, daß der überwältigende Anteil der korpuskulären Blutelemente aus Erythrozyten besteht.

3.7. Statistische Berechnungen

Die Mittelwerte $\bar{x}$ und die Streuungen s wurden für ungruppierte Stichproben ermittelt.

Die Prüfung der Mittelwerte auf Unterschiede wurde mit der einfachen Varianzanalyse vorgenommen unter Benutzung der Wissenschaftlichen Tabellen Geigy, Seite 174.

Die Signifikanzniveaus für $p = 0,05$ und für $p = 0,01$ wurden mit Hilfe der Tabellen "Obere Signifikanzschranken der F - Verteilung $p = 0,05$ " und für " $p = 0,01$ ", beide Documenta Geigy, geprüft.

4. E r g e b n i s s e

Erläuterungen der Symbole der Tabellen I bis VII

- L.Nr. : Laufende Nummer
G.Nr. : Geburtenbuch-Nummer der Universitäts-Frauen-
klinik, Giessen
 K_{Pl} : Kaliumkonzentration im Plasma (in mval/l)
 K_{Bl} : Kaliumkonzentration im Vollblut (in mval/l)
 K_{Er} : Kaliumkonzentration in den Erythrozyten
(in mval/l)
 Na_{Pl} : Natriumkonzentration im Plasma (in mval/l)
 Na_{Bl} : Natriumkonzentration im Vollblut (in mval/l)
 Na_{Er} : Natriumkonzentration in den Erythrozyten
(in mval/l)
 Mg_{Pl} : Magnesiumkonzentration im Plasma (in mval/l)
 Mg_{Bl} : Magnesiumkonzentration im Vollblut (in mval/l)
 Mg_{Er} : Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten
(in mval/l)
HK : Hämatokritwert (in Volumen %)
Hb : Hämoglobin (in g%)
 $p_{H^{akt}}$: Wasserstoffionenkonzentration
 pCO_2 : Kohlendioxyddruck (in mm Hg)
BE : Base -Excess (in mval/l)

Erläuterungen der Symbole der Tabellen VIII und IX

- L.Nr. : Laufende Nummer der Tabellen I bis VII
 Q_{K_i/K_e} : Quotient, gebildet aus der intra- und extra-
erythrozytären Kaliumkonzentration
 Q_{Na_i/K_i} : Quotient, gebildet aus der intraerythrozytä-
ren Natrium- und Kaliumkonzentration

L. Nr.	G.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _{Hakt}	pCO ₂	BE
1	336				118,5	71,5	51,36	1,50	3,29	4,06	70				
2	347				123,0	62,5	25,42	1,30	2,61	3,41	62				
3	365				127,5			1,26	2,55	3,61	55				
4	367				126,5			1,45	2,41	3,11	58				
5	393							1,68			64				
6	408							1,62	3,37	4,31	65				
7	412							1,42	3,26	4,39	62				
8	413							1,36	3,20	4,28	63				
9	421							1,15	2,93	3,93	64				
10	420				129,0	50,0	5,56	1,25	2,61	3,19	70				
11	425				142,0	49,0	9,14	1,42	2,83	3,25	77				
12	432				138,0	43,0	14,62	1,00	2,45	3,26	64				
13	438				142,5	60,5	14,38	1,35	2,72	3,71	58				
14	439				144,5	70,0	16,05	1,35	2,83	4,09	54				
15	440				142,5	74,0	15,65	1,40	2,98	3,87	64				
16	456				138,0			1,45	3,13	4,30	59				
17	480				135,0	73,0	27,48	1,57	3,38	4,64	59				
18	481				139,5	52,0	6,92	1,53	3,34	4,27	66				
19	478				141,0	68,5	18,12	1,57	3,50	4,84	59				
20	499				136,0	63,0	8,65	1,53	3,30	4,13	68				
21	500				132,5	26,5	3,23	1,61	3,59	4,02	82				
22	502				135,0	48,0	8,91	1,45	3,25	4,06	69				
23	529				138,5	70,0	13,95	1,49	2,69	3,67	55				
24	530				135,0	66,5	12,68	1,53	2,82	3,83	56				
25	551				130,5	46,0	11,49	1,83	3,14	3,68	71				
26	552				131,0	71,0	23,86	1,53	2,82	3,83	56				
27	564				128,0	88,0	44,67	1,33	2,48	3,73	48				
28	566				127,0	75,0	16,36	1,58	2,57	3,69	47				
29	568				111,5	43,5	23,19	1,99	2,90	3,17	77				
30	567				128,0	69,0	28,00	1,83	2,57	3,08	59				
31	592							1,49	2,73	3,46	63				
32	593							1,30	2,94	3,55	73				
33	594							1,53	2,82	3,77	55				
34	895				137,5	64,5	25,19	1,42	2,95	3,88	65				
35	896				131,5	75,5	27,80	1,45	2,92	4,17	54				
36	899				136,0	41,5	4,75	1,75	3,45	4,11	72				

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	P _H akt	pCO ₂	BE
37	902				136,0	54,5	4,55	1,59	3,20	4,19	62				
38	906				136,0	84,5	36,96	1,28	2,79	4,18	52				
39	904				136,0	91,5	56,54	1,33	2,51	3,44	56				
40	917				141,0	57,5	4,11	1,72	3,42	4,51	61	21,40	7,350	34,3	-5,7
41	923	4,86	71,5	101,44	137,5	60,5	25,91	1,40	3,06	3,81	69				
42	925	5,70	75,1	107,76	138,5	50,5	9,09	1,53	3,49	4,41	68				
43	926	5,40	68,5	101,01	137,5	55,5	13,26	1,41	3,15	4,05	66				
44	927	5,25	59,1	92,10	136,5	70,0	29,24	1,49	3,00	3,93	62				
45	931	6,35	66,7	102,14	134,5	58,5	13,87	1,53	3,07	3,97	63	18,85	7,260	57,8	-3,4
46	937	6,74	64,5	92,95	143,0	61,5	21,36	1,33	3,05	3,90	67	20,20	7,350	32,5	-6,4
47	939	6,31	79,0	100,71	137,5	42,0	13,47	1,49	3,22	3,74	77	22,40	7,320	31,4	-8,8
48	936	4,99	64,4	102,38	137,5	62,5	14,55	1,53	3,28	4,40	61	18,80	7,330	36,0	-6,4
49	954	5,34	63,9	90,21	143,5	59,5	21,76	1,41	2,97	3,67	69	20,05	7,200	56,8	-8,3
50	951	6,17	78,3	98,64	146,5	45,5	17,01	1,57	3,45	3,98	78	22,70	7,255	45,5	-8,0
51	955	4,99	70,3	115,68	150,0			1,33	3,25	4,58	59	20,70	7,390	36,8	-2,1
52	958	5,67	65,1	103,10	141,2	66,0	17,92	1,37	3,04	4,11	61	19,75	7,315	42,0	-5,0
53	966	7,24	76,4	115,30	142,3			1,34	3,27	4,36	64	22,80	7,350	31,1	-7,1
54	969	6,73	70,1	105,75	143,9	56,5	7,34	1,37	3,33	4,43	64	20,70	7,320	32,6	-8,2
55	971	6,63	69,5	103,36	141,4	60,5	16,94	1,43	3,07	3,95	65	22,20	7,350	35,7	-5,1
56	970	6,35	75,7	100,07	139,1	50,0	18,69	1,34	3,27	3,95	74	20,30	7,320	32,6	-8,3
57	980	6,78	64,6	95,73	145,1	59,5	13,41	1,43	3,01	3,86	65				
58	990	7,75	73,8	107,83	137,2			1,37	3,45	4,52	66				
59	993	7,55	83,8	95,19	132,0	24,5	8,44	1,43	3,39	3,68	87				
60	994	6,98	55,7	81,93	138,1	66,0	27,18	1,43	2,87	3,65	65	22,30	7,355	40,0	-3,2
61	996	6,98	69,5	107,82	142,0			1,31	3,19	4,34	62	20,90	7,350	34,3	-5,8
62	997	6,26	65,2	101,32	137,8	55,5	5,06	1,31	3,16	4,29	62	19,80	7,320	38,5	-6,0
63	1014				138,1			1,34	2,90	4,08	57	20,60	7,310	33,4	-8,5
64	1015				139,0			1,25	3,39	4,40	68	24,40	7,345	35,5	-5,4
65	1076	6,26	76,9	111,69	150,6			1,59	3,70	4,74	67				

Tab. I: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 1. postpartalen Tag (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

I. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	BE
1	336				117,0	61,0	23,67	1,50	1,98	2,27	60				
2	344				145,5	78,5	37,44	1,64	2,65	3,27	62				
3	351				156,0	68,0	14,06	1,40	2,46	3,52	50				
4	360				134,0	78,5	23,00	1,84	2,46	2,79	65				
5	360				137,5	78,5	46,73	1,62	3,26	4,14	65				
6	393				144,5	59,0	12,96	1,57	3,09	4,10	60				
7	408							1,57	2,93	3,66	65				
8	407							1,42	2,93	4,07	57				
9	412				145,0	70,0	13,42	1,42	2,50	3,22	60				
10	413				141,0			1,31	2,40	3,22	57				
11	431				143,0	71,5	17,56	1,20	2,61	3,51	61				
12	420				146,5	64,0	11,25	1,25	2,61	3,21	64				
13	425				145,5	63,5	17,38	1,25	2,93	3,88	64				
14	432				138,0			1,45	2,98	3,96	61				
15	438				143,0	60,5	7,75	1,40	2,88	4,00	57				
16	439				144,5	77,0	26,08	1,45	2,93	3,69	66				
17	440				141,0	52,5	6,91	1,53	3,09	4,27	57				
18	456				142,0	77,0	27,96	1,65	3,38	4,42	62				
19	476				137,5	64,0	18,95	1,65	3,50	4,95	56				
20	481				144,5	72,0	29,42	1,65	3,38	4,40	63				
21	478				144,0	77,0	24,36	1,65	3,50	4,95	56				
22	483				138,5	58,5	13,88	1,69	3,38	4,29	65				
23	496				140,0	58,5	20,15	1,65	3,21	3,94	68				
24	500				141,0	57,5	21,71	1,69	3,34	4,05	70				
25	499				140,0	70,0	33,94	1,61	3,25	4,09	66				
26	502				136,0	66,5	22,90	1,41	3,00	3,97	62				
27	530				136,5	69,0	24,00	1,70	2,98	3,83	60				
28	529				134,0	72,0	30,67	1,62	2,82	3,62	60				
29	551				132,0	46,5	13,25	1,91	2,98	3,40	72				
30	552				131,0	86,0	50,64	1,66	2,82	3,73	56				
31	564				128,5	94,0	56,63	1,33	2,44	3,64	48				
32	566				128,5	77,5	34,06	1,87	2,65	3,31	54				
33	568				128,0	50,0	21,15	1,66	2,82	3,25	73				
34	567				132,5	70,5	30,86	1,58	2,82	3,61	61				

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	BE
35	591							1,49	2,57	3,29	60				
36	592							1,53	2,73	3,53	60				
37	593							1,41	3,06	3,53	78				
38	594							1,66	2,78	3,53	60				
39	609							1,49	2,60	3,40	58				
40	608							1,58	2,95	3,62	67				
41	894				140,0	78,5	37,50	1,67	3,22	4,25	60				
42	888				135,0	78,5	34,11	1,31	3,00	4,33	56				
43	895				138,5	87,0	41,33	1,39	2,76	3,97	53				
44	896				137,0	78,5	30,64	1,62	2,92	3,98	55				
45	902				138,5			1,64	3,00	4,80	43				
46	906				143,5	82,0	29,61	1,42	2,82	4,01	54				
47	917	5,18	66,0	100,21	138,5	66,0	25,22	1,65	3,28	4,20	64	20,50	7,390	33,8 -3,4	
48	920	5,22	64,0	110,27	141,0	71,5	19,07	1,53	2,87	3,88	57				
49	916				142,0	64,5	24,58				66				
50	924	5,51	69,0	101,71	144,5	57,5	12,68	1,49	3,20	4,08	66				
51	925	5,99	74,8	105,72	143,0	50,5	10,86	1,64	3,00	3,58	70				
52	926	5,79	62,2	106,52	142,0	68,0	9,86	1,64	3,05	4,16	55				
53	927	5,12	54,8	95,45	139,5	76,0	24,05	1,49	3,93	5,93	55				
54	931	5,75	62,1	99,67	141,0	67,0	17,67	1,57	3,05	4,04	60	19,00	7,340	38,0	-5,0
55	937	6,03	61,2	95,73	141,0	68,0		1,49	3,25	3,97	69	17,70	7,415	28,7	-4,5
56	939	5,32	67,7	97,09	143,0	59,5	22,88	1,49	3,20	3,97	69	19,60	7,380	33,0	-4,5
57	938	5,56	55,9	97,09	143,0	73,0	15,73	1,49	3,22	4,64	55	17,35	7,365	29,6	-7,0
58	936	4,76	63,7	106,38	139,5	64,5	10,19	1,41	3,18	4,46	58	19,22	7,350	33,0	-6,4
59	949	6,08	60,8	91,58	135,5	63,5	23,00	1,57	3,33	4,32	64	18,85	7,315	34,5	-7,8
60	951	5,85	71,7	102,69	153,5	50,5	2,03	1,57	3,48	4,38	68	24,60	7,320	33,0	-8,1
61	954	5,54	55,4	96,19	145,5	74,2	15,86	1,29	2,70	3,85	55	16,60	7,400	27,2	-6,3
62	965	5,09	59,5	95,77	138,2	70,0	24,53	1,31	3,04	4,19	60				
63	966	5,08	71,5	108,86	140,5	64,0	20,97	1,55	3,22	4,16	64	17,30	7,345	36,5	-5,2
64	971	5,87	70,0	100,18	144,7	65,0	24,49	1,46	3,13	3,92	68	22,40	7,300	42,9	-5,9
65	970	5,71	82,3	105,18	143,4	46,5	17,56	1,58	3,48	4,05	77	24,80	7,350	35,7	-5,2
66	972	5,97	68,3	108,15	144,3	68,0	19,22	1,43	3,04	4,07	61	20,30	7,370	29,7	-6,5
67	974	6,15	73,7	105,49	146,0	59,5	18,79	1,49	2,84	3,48	68	21,70	7,330	37,3	-5,8
68	992	6,19	65,5	103,42	135,5	61,5	14,19	1,52	3,30	4,44	61				

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pO ₂	BE
69	990	7,26		104,03	137,4	46,5	7,54	1,43	4,04	5,16	70				
70	994	5,90	75,0		140,7		6,32	1,55	2,75	3,90	51	14,52	7,400	37,0	-1,3
71	1011				140,9	61,5	11,83	1,49	2,87	3,83	59	17,55	7,290	41,7	-6,7
72	1012				139,8	51,5	21,53	1,22	2,84	3,57	69	20,50	7,350	40,0	-4,8
73	1013				145,0	84,5	13,19	1,16	2,60	4,10	49	15,10	7,350	42,5	-2,2
74	1017	5,69	56,4	96,24	142,3	70,0	13,19	1,31	3,22	4,72	56	16,45	7,390	33,5	-3,7
75	1020	7,18	54,7	75,07	140,1	48,5	9,24	1,19	3,42	4,38	70	20,70	7,400	31,4	-4,0
76	1098	6,69	68,2	97,15	142,6	46,9	1,86	1,56	3,43	4,31	68	25,30	7,350	27,9	-8,2
77	1094	5,75	65,3	105,00	147,2	67,6	14,53	1,51	3,05	4,08	60	21,90	7,310	41,5	-5,6
78	1097	5,32	55,2	99,43	147,2	78,0	16,63	1,47	3,00	4,36	53	17,50	7,400	32,3	-3,6

Tab. II: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 2. postpartalen Tag (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

L. G. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	EE
35	609				136,0	76,5	27,82	1,62	2,70	3,42	60				
36	891				137,0	53,0	5,75	1,28	2,97	4,35	55				
37	892				138,5	76,5	36,86	1,50	3,14	4,06	64				
38	894				136,5	78,5	35,12	1,78	3,28	4,24	61				
39	888				127,0	76,5	31,72	1,31	2,85	4,01	57				
40	895				136,0	68,0	17,83	1,48	2,90	4,16	53				
41	896				134,5	75,5	26,26	1,62	3,00	4,04	57				
42	902				143,5	73,5	30,71	1,83	2,95	3,76	58				
43	912				142,0	73,0	30,23	1,64	2,95	3,75	62	20,70	7,375	34,0	-4,3
44	915				138,5	64,0	12,73	1,53	2,82	3,72	59				
45	916				137,0	75,5	32,76	1,53	3,17	4,31	59				
46	917				133,5	64,5	22,21	1,50	3,17	4,01	62				
47	923				143,0	57,5	9,41	1,87	3,30	4,27	64				
48	926				143,0	74,0	26,05	1,57	3,05	4,00	59	18,60	7,390	32,0	-4,3
49	927				141,0	82,0	41,00	1,72	3,05	3,97	59	16,00	7,375	40,5	-1,5
50	937				141,0	63,5	16,00	1,33	3,20	4,35	62	18,60	7,300	40,5	-6,5
51	939				143,0	58,5	25,64	1,61	3,28	3,93	72	20,30	7,325	32,0	-8,1
52	938				143,0	69,0	19,67	1,61	3,33	4,48	60	21,30	7,295	33,5	-9,4
53	941				141,0	65,0	27,57	1,53	3,00	3,72	67	19,10	7,315	30,0	-9,7
54	936				135,5	64,5	17,17	1,37	3,13	4,30	60	22,60	7,330	32,8	-7,5
55	949				151,0	61,5	13,51	1,64	3,28	4,16	65	20,00	7,330	37,4	-5,8
56	951				143,6	53,5	29,17	1,52	3,30	4,06	70	20,80	7,390	31,5	-4,4
57	961				145,4	59,5	15,25	1,61	4,10	5,38	66				
58	962				145,2	68,0	14,35	1,49	3,39	4,71	59	16,45	7,350	35,6	-5,2
59	965				140,1	70,0	25,18	1,31	2,98	4,05	61	17,70	7,350	42,7	-2,3
60	964				144,4	65,0	22,25	1,61	3,13	3,95	65	21,40	7,330	42,5	-3,9
61	966				136,2	57,5	26,89	1,76	3,07	3,58	72	21,00	7,335	33,3	-7,1
62	971				145,3	59,5	13,30	1,55	3,10	3,53	65	19,30	7,350	32,8	-6,3
63	972				143,7	65,0	24,46	1,52	2,95	3,59	66	24,00	7,355	34,5	-5,2
64	970				143,6	46,5	12,38	1,61	3,48	4,14	74	18,55	7,270	43,1	-7,4
65	982				141,9	65,0	6,99	1,16	2,95	4,30	57	21,50	7,230	39,0	-11,7
66	985				142,7	58,5	13,16	1,31	2,92	3,79	65	19,15	7,335	40,0	-4,6
67	992				143,9	61,5	11,00	1,64	3,16	4,09	62	21,80	7,300	50,8	-3,2
68	990				136,4	50,0	7,44	1,37	3,30	4,25	67				

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H -akt	pO ₂	BE
69	1007				136,9	46,0	1,23	1,37	3,25	4,18	67	22,40	7,390	36,8	-2,0
70	1006				141,6	57,5	5,95	1,37	3,10	4,16	62	19,90	7,380	35,4	-3,3
71	1009				140,5	70,0	12,32	1,40	2,95	4,22	55	18,50	7,340	37,6	-5,0
72	1011	5,51	60,9	92,39	144,5	61,5	3,82	1,58	3,04	4,05	59	18,25	7,315	42,5	-4,8
73	1012	5,61	69,2	96,45	140,3	68,0	8,44	1,25	2,98	3,72	50	20,84	7,340	36,4	-5,5
74	1014	5,79	61,0	94,84	142,1	58,0	6,45	1,43	3,01	3,98	62	18,40	7,350	43,4	-2,0
75	1017	5,10	56,5	96,89	139,3	73,5	21,80	1,41	3,41	4,98	56	17,50	7,375	36,0	-3,4
76	1068	5,61	66,1	106,43	147,2			1,64	3,22	4,27	60	20,40	7,390	28,5	-5,8
77	1069	5,05	67,9	109,80	157,5	76,8	23,00	1,73	3,41	4,53	60	21,70	7,380	37,2	-2,4
78	1071	5,04	70,4	110,46	148,3	64,2	12,65	1,55	2,80	3,57	62	17,80	7,350	38,1	-4,1
79	1093	5,06	67,7	94,12	142,6	46,9	5,89	1,65	3,47	4,25	70	22,60	7,430	30,4	-2,2
80	1095	4,44	60,3	99,12	148,3	79,1	31,01	1,47	3,00	4,06	59	18,85	7,420	36,3	-0,3
81	1097	4,65	51,6	102,46	148,3	85,0	16,43	1,61	2,96	4,42	48	14,50	7,430	30,2	-3,0
82	1098	5,71	65,3	98,82	143,7	60,7	14,01	1,66	3,34	4,28	64	21,90	7,360	29,5	-1,2
83	1101	6,06	59,6	83,65	136,9	61,9	28,20	1,62	3,26	4,00	69	20,00	7,370	35,4	-4,0
84	1100	5,73	60,3	98,22	139,2	63,0	10,05	1,58	3,26	4,43	59	18,50	7,360	36,3	-4,2
85	1102	5,72	61,0	92,10	141,4	65,4	22,65	1,49	3,17	4,12	64	18,15	7,385	40,0	-1,0
86	1104	5,60	71,8	98,84	143,7	56,1	20,32	1,53	3,31	4,04	71	22,40	7,420	36,5	+0,0
87	1106	5,55	54,5	91,43	134,5	71,1	23,27	1,40	2,89	4,01	57	18,85	7,450	29,1	-2,0
88	1108	4,50	69,6	104,65	143,7	58,4	12,47	1,59	3,18	4,04	65	21,50	7,450	28,1	-2,2
89	1109	5,86	60,3	93,67	142,6	76,8	36,47	1,59	3,41	4,53	62	19,20	7,320	39,8	-5,5
90	1116	6,19	68,9	101,21	136,9	57,3	16,29	1,59	3,23	4,07	66	22,60	7,385	36,0	-2,8
91	1115	4,95	51,6	92,97	140,3	85,0	35,96	1,41	2,66	3,77	53	18,20	7,350	44,3	-1,8
92	1114	5,55	60,3	89,78	135,7	66,5	29,24	1,73	3,04	3,75	63	21,20	7,340	36,3	-5,6
93	1111	5,44	66,0	101,57	136,9	66,5	25,15	1,60	2,90	3,66	63	21,50	7,380	33,0	-4,3
94	1113	5,55	73,2	99,51	136,9	44,6	8,71	1,60	3,48	4,21	72	24,00	7,295	36,0	-8,7
95	1110	5,12	60,3	91,34	134,5	66,5	28,25	1,50	3,14	4,06	64	20,50	7,340	38,5	-4,7

Tab. III: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 3. postpartalen Tag (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

L. G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	BE
1	349			163,5	62,0	14,24	1,26	2,71	3,39	68				
2	350			157,0	87,5	32,89	1,69	3,04	4,10	56				
3	351			127,5	74,0	28,43	1,79			54				
4	390			150,5	71,5	25,10	1,73	3,20	4,06	63				
5	389						1,62	3,15	3,84	69				
6	421			137,0	74,0	26,47	1,35	2,83	3,95	57				
7	420			142,0	64,5	14,95	1,20	2,22	2,87	61				
8	438			146,5	73,0	26,01				61				
9	439			143,0	79,5	25,41				54				
10	440			142,5	69,0	8,86				55				
11	456			139,5	79,0	27,46	1,61	3,09	4,35	54				
12	476			136,0	65,5	29,64	1,69	3,38	4,33	64				
13	483			137,5	68,5	29,69	1,41	3,09	4,04	64				
14	478			145,5	79,0	28,83	1,65	3,21	4,39	57				
15	496			136,5	43,5	14,13	1,65	3,71	4,36	76				
16	499			128,5	65,5	38,50	1,49	3,17	3,89	70				
17	500			136,0	56,0	1,66	1,66	3,42	4,10	72				
18	502			139,5	74,5	29,33	1,70	3,09	4,06	59				
19	530			131,5	70,0	32,31	1,95	2,94	3,55	62				
20	529			130,5	80,0	35,22	1,91	2,73	3,46	53				
21	551			128,5	61,0	29,24	1,83	3,10	3,70	68				
22	554			124,5	72,0	27,28	1,66	2,82	3,81	54				
23	562			125,5	88,5	35,26	1,41	2,24	3,43	41				
24	591						1,41	2,40	3,24	54				
25	593						1,53	2,82	3,32	72				
26	592						1,41	2,75	3,80	56				
27	890			137,5	91,5	41,67	1,59	3,06	4,65	48				
28	892			135,0	62,5	25,15	1,53	3,03	3,80	66				
29	894			137,5	75,5	32,42	1,78	3,06	3,95	59				
30	896			136,0	78,5	25,42	1,64	3,03	4,31	52				
31	898			142,0	66,0	23,25	1,69	3,06	3,83	64				
32	897			137,0	64,5	21,92	1,53	3,11	4,04	63				
33	909			139,5	50,0	15,19	1,64	3,45	4,15	72	23,00	7,330	39,4	- 5,0
34	910	4,58	67,5	137,5	62,5	22,12	1,70	3,25	4,08	65				
35	912	3,83	64,5	139,5	71,5	31,57	1,59	2,95	4,16	63				
36	917	4,75	57,3	137,5	72,0	18,41	1,80	3,20	4,35	55				

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	P _{Hakt}	pCO ₂	BE
37	918	4,65	61,0	107,10	138,5	78,0	28,50	1,61	3,68	5,37	55			
38	921	5,77	64,8	102,54	136,5	65,0	19,29	1,80	3,45	4,50	61			
39	923	4,31	66,6	93,30	139,5	58,5	23,79	1,57	3,15	3,83	70			
40	931	4,71	59,3	94,20	141,0	67,0	19,69	1,75	3,05	3,88	61		30,3	-4,4
41	935												34,1	-4,8
42	945	3,89	47,1	86,99	144,5	89,0	37,77	1,72	3,00	4,18	52		32,5	-8,3
43	949	6,08	58,0	83,57	145,5	69,0	31,32	1,61	3,18	3,95	67		36,0	-6,3
44	957	4,26	59,6	99,67	138,3	71,5	23,13	1,43	3,19	4,40	58		32,1	-6,5
45	960	5,07	64,6	98,09	142,1	67,0	24,76	1,67	3,22	4,09	64			
46	962	4,98	65,4	95,16	141,0	67,0	30,55	1,31	4,10	5,47	67			
47	965	4,97	64,2	112,66	142,6	76,5	22,42	1,34	2,78	3,96	64			
48	978	6,14	53,3	91,89	141,4	79,5	28,85	1,19	2,60	3,75	55			
49	977	5,23	52,9	96,90	143,1	84,0	29,45	1,73	2,95	4,08	52		42,0	-5,2
50	982	4,68	59,6	97,76	137,0	67,0	18,36	1,37	3,07	4,25	59		38,0	-5,9
51	983	4,49	49,6	100,47	141,0	92,0	36,74	1,40	2,92	4,63	47		29,3	-5,8
52	986	5,73	54,2	85,19	138,2	80,0	42,79	1,40	2,70	3,53	61		31,4	-6,6
53	1002												35,4	-6,0
54	1001													
55	1006													
56	1007													
57	1012	6,68	73,4	93,28	139,2	46,5	18,81	1,37	3,04	3,54	69		34,4	-4,3
58	1013	5,25	52,2	95,54	145,5	85,0	2,44	1,46	2,95	4,07	69		35,5	-2,7
59	1014	5,43	58,3	90,70	139,2	64,0	12,19	1,25	2,92	4,23	56		41,7	-4,1
60	1065	5,90	64,5	100,42	151,7	72,2	11,00	1,37	3,01	3,93	64		35,4	-2,1
61	1100	5,52	61,0	96,47	140,3	66,5	29,15	1,25	2,84	4,31	52		38,6	-1,9
62	1092	4,86	53,8	95,49	144,9	82,6	17,91	1,64	3,08	3,96	62		36,2	-3,3
63	1106	4,23	55,2	92,11	139,2	72,2	23,68	1,46	3,18	4,23	62		39,0	-2,8
								1,59	3,28	4,36	61		31,8	-6,8
								1,52	2,72	3,74	54		33,8	-5,0
								1,49	3,02	4,13	58		40,8	-4,0
													42,0	+1,8

Tab. IV: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 4. postpartalen Tag (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

L. G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	pH _{akt}	pCO ₂	BE
1				127,5	94,0	69,74	1,45	2,65	3,52	58				
2				142,5	73,0	28,57	1,62	3,26	4,31	61				
3				142,0	78,5	30,60	1,55	2,78	3,71	57				
4				142,5	66,0	28,32	1,20	2,83	3,63	67				
5				140,0	70,0	19,31	1,69	3,17	4,24	58				
6				138,5	75,5	23,95	1,66	3,21	4,45	55				
7				138,0	56,0	27,52	1,66	3,42	4,07	73				
8				131,5	66,5	26,66	1,49	2,88	3,73	62				
9				137,5	65,5	33,15	1,91	3,55	4,29	69				
10				141,0	73,5	22,58	1,66	3,09	4,17	57				
11				128,5	68,0	33,97	1,83	3,02	3,69	64				
12				130,5	80,0	36,98	1,62	2,82	3,84	54				
13							1,45	2,32	3,09	53				
14				138,5	63,5	23,12	1,72	3,22	4,03	65				
15				136,0	81,0	32,23	1,39	2,90	4,24	53				
16				139,5	73,0	24,84	1,62	2,92	3,86	58				
17				137,0	91,5	42,21	1,53	2,95	4,49	48				
18				132,5	62,5	23,13	1,53	3,00	3,83	64				
19				137,5	76,5	35,83	1,72	3,17	4,14	60				
20	5,83	78,5	105,38	138,5	63,5	17,27	1,78	3,33	3,96	73	23,70	7,420	35,3	-0,6
21	5,61	67,5	102,31	137,0	50,0	22,16	1,64	3,33	4,20	64				
22	4,66	64,0	101,94	139,5	73,0	30,48	1,59	2,87	3,66	61				
23	4,73	68,0	106,82	139,5	68,5	24,98	1,59	3,08	3,99	62				
24	4,73	59,2	95,51	138,5	71,0	26,00	1,53	2,80	3,65	60				
25	4,70	51,9	92,11	140,0	79,0	27,04	1,57	3,10	4,40	54				
26	4,88	57,7	91,47	139,5	72,0	28,84	1,49	3,44	4,69	61	17,80	7,340	40,0	-4,4
27	4,09	45,7	87,31	149,0	92,0	35,00	1,64	2,97	4,30	50	15,27	7,360	34,0	-5,3
28	5,42	59,6	105,75	143,7	86,0	36,85	1,37	2,84	4,09	54	17,55	7,450	22,6	-5,9
29	5,39	57,1	97,73	139,8	73,5	21,41	1,43	2,90	4,06	56				
30	4,90	54,8	94,01	139,6	83,0	38,53	1,58	2,73	3,63	56				
31	5,56	70,7	99,97	140,4	56,5	18,81	1,28	2,92	3,66	69				
32				142,2	54,0	4,39	1,52	3,13	4,04	64	22,00	7,330	36,5	-6,0
33				138,8	64,0	12,02	1,34	3,04	4,22	59	17,90	7,370	34,3	-4,6
34				140,6	79,0	24,37	1,37	2,66	3,80	53	14,90	7,370	35,0	-4,3

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	BE
35	1008				142,5	56,0	2,98	1,43	3,25	4,37	62	17,15	7,420	33,8	-1,7
36	1011	5,23			144,0	66,0	7,16	1,85	3,12	4,07	57	15,80	7,325	43,8	-3,3
37	1012	5,45	66,0	95,82	140,9	55,5	13,44	1,67	3,13	3,85	67	13,80	7,320	45,0	-3,1
38	1013	4,87	48,9	96,60	145,8	86,0	21,22	1,54	2,94	4,46	48	18,60	7,370	40,0	-2,0
39	1088	5,33	68,9	113,08	143,7	64,2	8,95	1,65	3,00	3,94	59	20,40	7,410	32,1	-3,0
40	1091	6,14	61,7	98,74	144,9	68,8	18,07	1,75	3,06	3,93	60	19,60	7,390	32,2	-4,2
41	1098	5,12	61,7	94,93	140,3	69,9	28,55	1,54	3,27	4,29	63	21,10	7,365	32,8	-5,3

Tab. V: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 5. postpartalen Tag (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

L. Nr.	G.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	P _H -akt	pCO ₂	BE
1	1068	4,90	62,8	96,80	149,5	72,2	26,80	1,59	3,27	4,26	63	18,90	7,390	37,1	-1,9
2	1069	4,90	67,0	103,47	151,7	65,4	14,72	1,65	3,51	4,60	63	19,00	7,425	30,1	-2,9
3	1095	4,19	55,2	95,28	154,0	79,1	20,25	1,48	2,87	3,96	56	18,70	7,400	41,8	+0,8
4	1098	5,66	63,9	96,67	143,7	63,0	17,61	1,70	3,30	4,20	64	20,50	7,390	32,2	-4,1
5	1097	4,05	48,7	95,17	148,3	90,8	30,95	1,52	2,82	4,17	49	15,70	7,380	35,5	-2,3
6	1106	4,90	50,8	86,86	138,0	75,7	26,75	1,44	2,84	3,94	56	18,50	7,415	32,5	-2,3
7	1109	4,88	58,1	101,64	141,4	79,1	28,13	1,54	3,23	4,01	55	18,80	7,365	38,5	-3,0
8	1108	4,46	62,5	106,28	138,0	64,4	10,63	1,59	2,99	4,05	57	20,00	7,425	33,5	-1,3
9	1110	5,01	56,7	88,38	135,7	66,5	24,09	1,51	3,05	3,99	62	19,30	7,365	40,5	-2,3
10	1111	4,60	61,0	95,57	138,0	69,9	28,16	1,55	2,91	3,74	62	21,40	7,390	35,0	-2,8
11	1113	5,92	75,4	103,78	135,7	46,9	10,63	1,60	3,53	4,32	71	24,50	7,300	39,0	-7,3
12	1114	5,00	58,1	103,33	138,0	75,7	22,63	1,79	3,01	4,05	54	19,35	7,390	33,3	-3,8
13	1115	5,28	50,8	91,17	138,0	87,3	42,34	1,60	2,62	3,52	53	18,10	7,330	43,5	-3,3
14	1116	5,27	66,0	98,70	135,7	63,0	23,85	1,60	3,34	4,28	65	22,10	7,390	37,6	-1,7

Tab. VI: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 3. postpartalen Tag um 15⁰⁰ Uhr (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

L. Nr.	G. Nr.	K _{Pl}	K _{Bl}	K _{Er}	Na _{Pl}	Na _{Bl}	Na _{Er}	Mg _{Pl}	Mg _{Bl}	Mg _{Er}	HK	Hb	p _H akt	pCO ₂	BE
1	1068	4,43	60,4	100,93	150,6	71,1	13,53	1,56	3,14	4,28	58				
2	1069	4,65	64,6	106,26	152,9	67,6	8,33	1,56	3,42	4,71	59				
3	1071	4,52	61,6	96,58	151,7	66,5	14,28	1,47	2,71	3,47	62				
4	1093	5,21	68,9	106,31	143,7	75,7	35,76	1,70	3,38	4,37	63				
5	1095	4,27	58,1	98,71	148,3	72,7	20,93	1,52	2,97	4,06	57	21,90	7,490	21,5	-3,6
6	1098	4,51	58,1	92,11		66,5		1,62	3,35	4,46	61	18,50	7,440	39,5	+2,5
7	1097	3,71	49,4	85,30	143,7	91,9	51,20	1,53	2,83	3,85	56	19,10	7,360	32,5	-5,9
8	1101	3,99	55,2	86,59	139,2	73,4	33,07	1,58	3,27	4,31	62	16,20	7,370	37,8	-3,0
9	1100	5,46	61,0	92,24	140,3	66,5	24,99	1,58	3,27	4,30	64	20,10	7,445	30,5	-1,6
10	1102	5,50	61,7	93,31	143,7	73,4	33,86	1,44	3,27	4,30	64	18,80	7,345	38,8	-4,2
11	1104	5,25	66,0	97,30	140,3	61,9	21,51	1,49	3,17	4,04	66	21,10	7,440	36,6	+1,1
12	1106	4,98	51,6	91,31	138,0	74,5	74,50	1,40	2,75	3,90	54	18,70	7,475	27,5	-1,3
13	1109	4,45	53,0	92,72	140,3	83,8	37,57	1,63	3,13	4,36	55	17,80	7,405	32,0	-3,4
14	1108	4,45	61,7	103,16	138,0	67,6	16,62	1,69	3,04	4,02	58	20,80	7,400	37,6	-1,0
15	1111	4,88	58,1	92,13	134,5	66,5	23,02	1,51	2,86	3,72	61	20,80	7,400	37,6	-1,0
16	1113	5,37	68,9	97,44	135,7	50,3	11,93	1,55	3,40	4,23	69	23,70	7,310	37,6	-7,0
17	1110	4,26	54,5	95,61	133,4	74,5	26,31	1,51	2,92	4,07	55	17,70	7,380	37,0	-2,9
18	1114	4,44	56,7	99,46	135,7	78,0	30,79	1,89	3,21	4,29	55	20,40	7,355	35,5	-4,9
19	1115	4,74	50,1	93,68	138,0	82,6	29,37	1,65	2,67	3,65	51	16,80	7,355	41,7	-2,3
20	1116	5,06	59,6	93,03	134,5	68,8	28,53	1,65	3,25	4,23	62	21,10	7,370	39,6	-2,3

Tab. VII: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma, Vollblut und in den Erythrozyten, HK, Hb und Säure-Basenstatus am 3. postpartalen Tag um 1900 Uhr (G.Nr. aus dem Geburtenbuch des Jahres 1970)

1. Tag

L.Nr.	$Q K_1/K_e$	$Q Na_1/K_1$
41	20,87	0,26
42	18,91	0,08
43	18,71	0,13
44	17,54	0,32
45	16,09	0,14
46	13,79	0,23
47	15,96	0,13
48	20,52	0,42
49	16,89	0,24
50	15,99	0,17
51	23,18	-
52	18,18	0,17
53	15,93	-
54	15,71	0,07
55	15,59	0,16
56	15,76	0,19
57	14,12	0,14
58	13,91	-
59	12,61	0,09
60	11,74	0,33
61	15,45	-
62	16,19	0,05
65	17,84	-

2. Tag

L.Nr.	Q K_i/K_e	Q Na_i/K_i
47	19,35	0,25
48	21,12	0,17
50	18,50	0,12
51	17,65	0,10
52	18,40	0,09
53	18,64	0,25
54	17,33	0,18
56	17,99	0,24
57	17,46	0,16
58	22,35	0,10
59	15,06	0,25
60	17,55	0,02
61	17,36	0,16
62	18,82	0,26
63	21,43	0,19
64	17,07	0,24
65	18,42	0,17
66	18,12	0,18
67	17,15	0,18
68	16,71	0,14
69	14,33	0,07
74	16,91	0,14
75	10,46	0,12
76	14,52	0,02
77	18,26	0,14
78	18,69	0,17

3. Tag

L.Nr.	Q K_1/K_e	Q Na_1/K_1
44	21,14	0,11
45	19,69	0,33
46	20,50	0,22
47	22,12	0,09
48	19,86	0,27
49	15,37	0,48
50	17,33	0,16
51	15,09	0,28
52	17,81	0,21
53	17,26	0,31
54	19,48	0,18
55	17,70	0,14
56	18,47	0,29
57	23,67	0,14
58	18,59	0,14
59	17,00	0,32
60	18,03	0,21
61	8,66	0,27
62	17,01	0,13
63	19,20	0,24
64	18,76	0,12
65	23,07	0,06
66	19,16	0,13
67	17,29	0,11
68	15,85	0,07
72	18,04	0,04
73	17,19	0,09
74	16,38	0,07
75	19,00	0,22
76	18,97	-
77	21,74	0,21
78	21,91	0,11
79	15,53	0,06
80	22,32	0,31
81	22,03	0,16
82	17,31	0,14
83	13,80	0,34
84	17,14	0,10
85	16,10	0,25
86	17,65	0,21
87	16,47	0,25
88	23,26	0,12
89	15,98	0,39
90	16,35	0,16
91	18,78	0,39
92	16,18	0,33
93	18,67	0,25
94	17,93	0,09
95	17,84	0,31

4. Tag

L.Nr.	$Q K_1/K_e$	$Q Na_1/K_1$
34	22,14	0,22
35	26,14	0,32
36	21,12	0,18
37	23,03	0,27
38	17,77	0,19
39	21,65	0,25
40	20,00	0,21
42	22,36	0,43
43	13,75	0,37
44	23,40	0,23
45	19,35	0,25
46	19,11	0,32
47	22,67	0,20
48	14,97	0,31
49	18,53	0,30
50	20,89	0,19
51	22,38	0,37
52	14,87	0,50
57	13,96	0,20
58	18,20	0,31
59	16,70	0,20
60	17,02	0,23
61	17,48	0,20
62	19,65	0,31
63	21,78	0,26

5. Tag

L.Nr.	Q K_1/K_e	Q Na_1/K_1
20	18,08	0,16
21	18,24	0,21
22	21,88	0,30
23	22,92	0,23
24	20,19	0,27
25	19,60	0,29
26	18,74	0,32
27	21,35	0,40
28	19,51	0,35
29	18,13	0,22
30	19,19	0,41
31	17,98	0,19
37	17,58	0,14
38	19,84	0,22
39	21,22	0,08
40	16,08	0,18
41	18,54	0,30

Tab. VIII: Q K_1/K_e und Q Na_1/K_1
am ersten bis fünften Tag post partum

3. Tag, 15⁰⁰ Uhr

L.Nr.	Q K_1/K_e	Q Na_1/K_1
1	19,76	0,28
2	21,12	0,14
3	22,74	0,21
4	17,08	0,18
5	23,50	0,33
6	17,73	0,31
7	20,83	0,28
8	23,83	0,10
9	17,64	0,27
10	20,78	0,29
11	17,53	0,10
12	20,67	0,22
13	17,27	0,46
14	18,73	0,24

3. Tag, 19⁰⁰ Uhr

L.Nr.	Q K_1/K_e	Q Na_1/K_1
1	22,78	0,13
2	22,85	0,08
3	21,37	0,15
4	20,40	0,34
5	23,12	0,21
6	18,76	-
7	22,99	0,60
8	21,70	0,38
9	16,89	0,27
10	16,97	0,36
11	18,53	0,22
12	18,34	0,82
13	20,84	0,41
14	23,18	0,16
15	18,88	0,25
16	18,15	0,12
17	22,44	0,28
18	22,40	0,31
19	19,76	0,31
20	18,39	0,31

Tab. IX: Q K_1/K_e und Q Na_1/K_1
am dritten postparta-
len Tag um 15⁰⁰ Uhr
und um 19⁰⁰ Uhr

In den vorangestellten Tabellen I bis VII sind alle Messergebnisse der vorliegenden Arbeit aufgeführt. Zusätzlich befinden sich in den Tabellen auch aus den Messgrößen abgeleitete Werte wie die Elektrolytkonzentrationen in den Erythrozyten, der Kohlendioxiddruck und Base-Excess.

Die Tabellen I bis V geben die Größen, gemessen am ersten bis fünften Tag nach der Geburt um 7⁰⁰ Uhr, die Tabellen VI und VII am dritten Tag nach der Geburt um 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr bestimmt, an.

Bei den noch folgenden Überlegungen, die sich mit dem Verlauf der Parameter während des dritten postpartalen Tages befassen, wurden die Tabellen VI und VII zusammen mit der Tabelle III betrachtet.

Es folgt anschließend in den Tabellen X bis XIII die Übersicht über die Mittelwerte $\bar{x}$ der in den vorangegangenen Tabellen angeführten Ergebnisse mit deren Anzahl n und Streuung s.

	Tag:		1	2	3	4	5
K(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	6,23 0,031 23	5,77 0,506 28	5,50 0,995 49	5,05 0,748 25	5,14 0,502 18
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	101,48 7,965 23	100,51 7,141 26	98,40 6,855 49	96,45 6,443 25	98,79 6,507 17
Na(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	136,61 7,022 58	140,22 5,820 70	140,38 6,150 88	139,54 6,673 58	139,12 4,516 40
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	18,48 11,693 48	21,28 10,955 65	21,84 12,005 87	25,12 8,090 58	25,78 11,657 40
Mg(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	1,45 0,162 65	1,52 0,150 76	1,55 0,146 93	1,56 0,179 59	1,57 0,154 41
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	3,97 0,419 64	3,94 0,533 75	4,05 0,474 92	4,02 0,441 58	4,01 0,321 41

Tab. X: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten am ersten bis fünften Tag post partum.

Beim Kalium im Plasma konnte man vom ersten bis vierten Tag ein Absinken der Konzentration beobachten. Am fünften Tag kam es wieder zu einem geringen Anstieg. Die Tendenz des Kalium in den Erythrozyten gleicht der im Plasma. Von einem Konzentrationsmaximum sank der Kaliumgehalt ab bis zum vierten Tag. Am fünften Tag konnte wieder ein Anstieg verzeichnet werden, wobei der Wert des fünften Tages den des dritten noch überstieg.

In den Erythrozyten war das Kalium erwartungsgemäß wesentlich höher konzentriert als im Plasma.

Die niedrigste Natriumkonzentration im Plasma wurde am ersten Tag nach der Geburt gemessen. Bis zum dritten Tag stiegen die Konzentrationen an, um dann bis zum fünften Tag wieder zu fallen, wobei das Minimum des ersten Tages nicht erreicht wurde.

In den Erythrozyten stieg die Konzentration, die gegenüber der des Plasma wesentlich geringer war, kontinuierlich vom ersten bis fünften Tage an.

Auch die Konzentration des Magnesium im Plasma stieg vom ersten bis fünften Tage nach der Geburt stetig an.

Dagegen veränderte sich der intraerythrozytäre Magnesiumgehalt, der über dem extraerythrozytären lag, kaum während der ersten fünf Tag post partum.

	Zeit:		7 ⁰⁰	15 ⁰⁰	19 ⁰⁰
K(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	5,50 0,995 49	4,93 0,513 14	4,73 0,495 20
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	98,40 6,855 49	97,37 5,924 14	95,71 5,668 20
Na(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	140,38 6,150 88	141,84 6,421 14	141,18 6,023 19
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	21,84 12,005 87	23,40 8,457 14	28,22 15,316 19
Mg(mval/l)	Plasma	$\bar{x}$ s n	1,55 0,146 93	1,58 0,090 14	1,58 0,109 20
	Erythr.	$\bar{x}$ s n	4,05 0,474 92	4,08 0,262 14	4,16 0,347 20

Tab. XI: Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und 19⁰⁰ Uhr.

Der Verlauf der Kaliumkonzentrationen im Plasma und in den Erythrozyten war parallel, in beiden Fällen sanken sie während des Tagesverlaufes.

Die niedrigste Natriumkonzentration im Plasma trat am Morgen auf; um 17⁰⁰ Uhr war ein Gipfel zu verzeichnen, danach kam es wieder zu einem Abfall der Konzentration. Dagegen stieg die Konzentration in den Erythrozyten während des Tagesverlaufes an.

Um 7⁰⁰ Uhr wurden die niedrigsten Magnesiumwerte gemessen, um 15⁰⁰ Uhr war die Konzentration geringfügig angestiegen und veränderte sich bis 19⁰⁰ Uhr nicht. Das extraerythrozytäre Magnesium zeigte nur geringe Schwankungen in seiner Konzentration. Von morgens bis zum Abend war ein leichter Anstieg zu bemerken.

Tag:		1	2	3	4	5
HK(Vol %)	$\bar{x}$ s n	63,91 7,630 64	61,30 6,509 77	62,23 5,563 95	60,27 7,189 62	59,71 6,018 41
Hb(g %)	$\bar{x}$ s n	21,05 1,490 18	19,54 2,969 23	19,98 2,043 47	18,90 2,932 22	18,26 2,861 14
pH akt.	$\bar{x}$ s n	7,322 0,045 18	7,356 0,036 23	7,356 0,045 47	7,358 0,029 22	7,374 0,040 14
pCO ₂ (mm Hg)	$\bar{x}$ s n	38,2 7,922 18	34,8 4,745 23	36,3 4,764 47	35,9 3,868 22	35,5 5,572 14
BE(mval/l)	$\bar{x}$ s n	-6,2 1,976 18	-5,3 1,780 23	-4,6 2,533 47	-4,5 2,166 22	-3,8 1,627 14

Tab. XII: Hämatokrit, Hämoglobingehalt, aktueller pH-Wert, Kohlendioxiddruck und Base-Excess am ersten bis fünften Tag post partum.

Die Werte für das Hämatokrit und den Hämoglobingehalt des Blutes nahmen während der ersten fünf Tage den gleichen Verlauf. Das Maximum lag am ersten Tag, beide Größen nahmen etwas ab am zweiten Tag, am dritten Tag war ein Anstieg zu verzeichnen. Von da ab sanken HK und Hb ab.

Für den aktuellen pH-Wert des Blutes trat am ersten Tag der niedrigste Wert auf. Er stieg dann an bis zum fünften Tag, wobei jedoch die Werte des zweiten und dritten Tages gleich waren.

Der CO_2 -Druck war am ersten Tag am höchsten, fiel ab am zweiten, stieg wieder etwas an am dritten, um am vierten und fünften Tag wieder abzunehmen.

Der Base-Excess zeigte eine fast geradlinige Entwicklung von stark zu schwach negativen Werten.

Zeit:		7 ⁰⁰	15 ⁰⁰	19 ⁰⁰
HK(Vol %)	$\bar{x}$ s n	62,23 5,563 95	59,29 5,902 14	59,60 4,556 20
Hb(g %)	$\bar{x}$ s n	19,98 2,043 47	19,63 2,068 14	19,49 1,977 17
pH akt.	$\bar{x}$ s n	7,356 0,045 47	7,383 0,034 14	7,393 0,050 17
pCO ₂ (mm Hg)	$\bar{x}$ s n	36,3 4,764 47	36,4 3,950 14	35,4 5,135 17
BE(mval/l)	$\bar{x}$ s n	-4,6 2,533 47	-2,8 1,781 14	-2,7 2,392 17

Tab. XIII: Hämatokrit, Hämoglobingehalt, aktueller pH-Wert, Kohlendioxyddruck und Base-Excess am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

Das Hämatokrit des Blutes sank vom Morgen bis um 15⁰⁰ Uhr ab, um dann wieder bei der Bestimmung um 17⁰⁰ Uhr leicht angestiegen zu sein. Beim Hämoglobingehalt zeigte sich eine ständige, leichte Abnahme während des Tages.

Während des Tagesverlaufes wurde die Reaktion des Blutes zur basischen Seite verschoben. Der Kohlendioxid-druck nahm um 15⁰⁰ Uhr gegenüber dem Morgenwert zu, um am Abend unter beiden Werten zu liegen.

Der Base-Excess stieg von stärker negativen zu schwächer negativen Werten an.

		1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
Q K ₁ /K _e	$\bar{x}$	16,59	17,68	18,26	19,56	19,36
	s	2,68	2,36	2,70	3,22	1,75
	n	23	26	49	25	17
QNa ₁ /K ₁	$\bar{x}$	0,17	0,16	0,20	0,27	0,25
	s	0,08	0,07	0,10	0,08	0,09
	n	18	26	48	25	17
		7 ⁰⁰ Uhr	15 ⁰⁰ Uhr	19 ⁰⁰ Uhr		
Q K ₁ /K _e	$\bar{x}$	18,26	19,94	20,44		
	s	2,70	2,35	2,19		
	n	49	14	20		
QNa ₁ /K ₁	$\bar{x}$	0,20	0,24	0,30		
	s	0,10	0,10	0,17		
	n	48	14	19		

Tab. XIV: Q K₁/K_e und Q Na₁/K₁ am ersten bis fünften Tag post partum und am dritten postpartalen Tag, um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und 19⁰⁰ Uhr.

Der Kaliumquotient $Q \frac{K_i}{K_e}$ nahm vom ersten bis zum vierten Tag zu, um am fünften Tag wieder geringfügig kleiner zu werden.

Bei dem Natrium-Kaliumquotienten war der Wert des zweiten Tages gegenüber dem des ersten etwas niedriger; dann kam es zu einer Vergrößerung bis zum vierten Tag.

Der Wert des fünften Tages lag wieder etwas unter dem des Vortages.

Am dritten Tag war bei beiden Quotienten ein Ansteigen zu beobachten.

5. D i s k u s s i o n

5.1. Besprechung der Elektrolyte

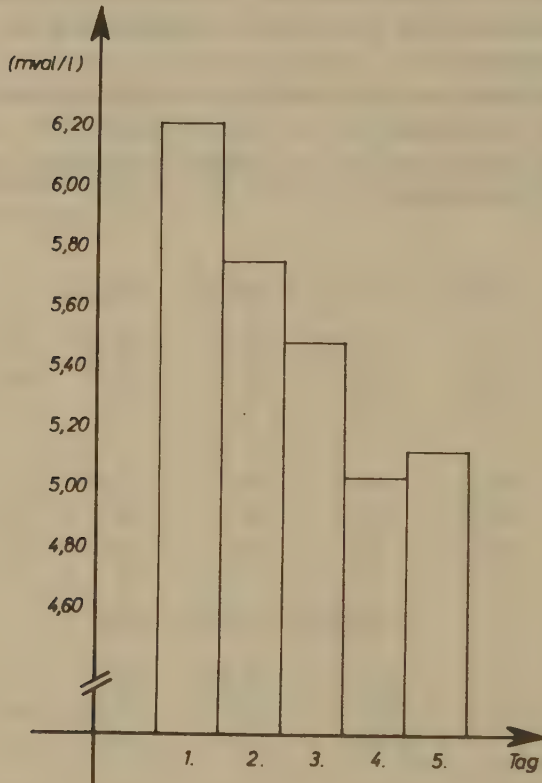


Abb. 5: Kaliumkonzentrationen im Plasma am ersten bis fünften Tag post partum.

Die Kaliumkonzentration in den Erythrozyten und im Plasma verringerte sich vom ersten bis vierten Tag, um dann wieder anzusteigen - wie mit den beiden Abbildungen noch einmal verdeutlicht werden soll. Dabei unterschieden sich jedoch nur die Werte des Plasma hochsignifikant voneinander.

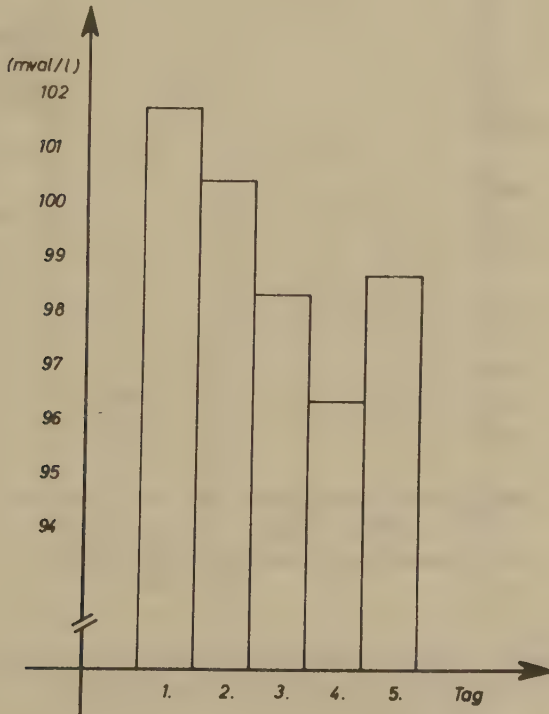


Abb. 6: Kaliumkonzentrationen in den Erythrozyten am ersten bis fünften Tag post partum.

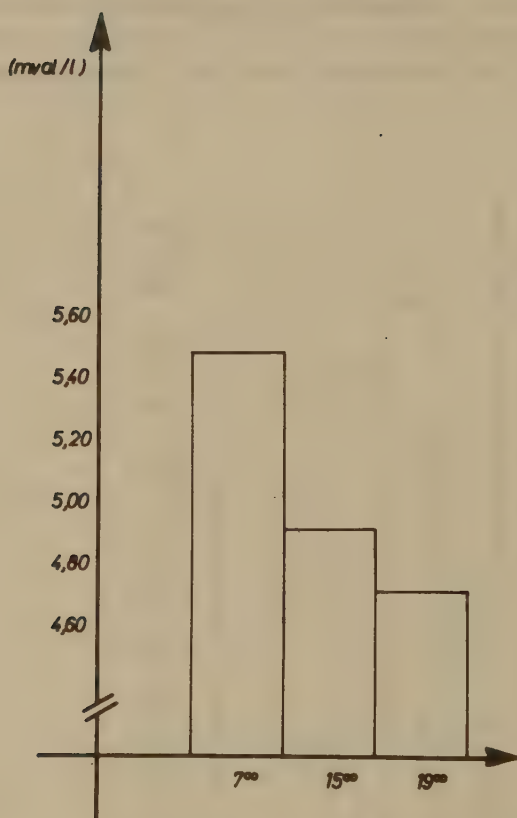


Abb. 7: Kaliumkonzentrationen im Plasma am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

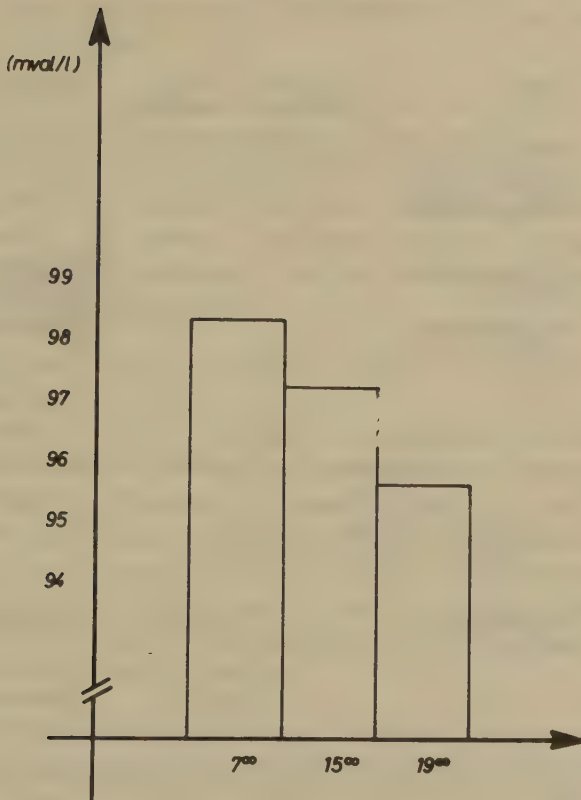


Abb. 8: Kaliumkonzentrationen in den Erythrozyten am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

Die Kaliumkonzentrationen intra- und extraerythrozytär fielen beide im Laufe des Tages.

Der höchste Wert wurde um 7⁰⁰ Uhr, der niedrigste um 19⁰⁰ Uhr gemessen. Die Unterschiede für das Plasma waren hochsignifikant, während für die Erythrozyten keine signifikanten Veränderungen nachgewiesen werden konnten.

P l a s m a

A u t o r	Methode	Zahl der Fälle	Wert (mval/l)	Material
NORINDER (67)	Flammenspectrummethode	4	7,18	Foet
MICHEL (66)	Flammenphotometrie	34	5,61	Neugeb. Nabelvene
HALD (37)	Chlorplatin-säure-Titration	10	4,5	Erwachsene
HEGGLIN (42)			3,9 - 5,0	

E r y t h r o z y t e n

LOSSE et al. (60)	Flammenphotometrie	26	89,83	Erwachsene
RIECKER (75)	"	23	89,5	Erwachsene

Tab. XV: In der Literatur angegebene Mittelwerte für Kalium im Plasma und in den Erythrozyten.

Wenn man die vorliegenden Werte mit denen in der Literatur angegebenen vergleicht, so liegt der für Erwachsene gültige Normwert für Kalium im Plasma zwischen 3,5 und 5,0 mval/l nach HEGGLIN (42).

HALD (37) gibt einen Mittelwert von 4,5 mval/l an.

NORINDER (67) untersuchte das Blut von vier Feten und fand dabei eine starke Erhöhung des Kaliumspiegels.

MICHEL (66) ermittelte bei 34 Messungen im Nabelvenenblut einen Mittelwert für Kalium im Plasma, der 5,61 mval/l betrug.

Bei den eigenen Bestimmungen lagen die Ergebnisse ebenfalls deutlich über denen, die für Erwachsene gültig sind. Bei den während der ersten fünf Lebenstage durchgeführten Messungen betrug der niedrigste Wert 5,05 mval/l, die höchste Konzentration wurde innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Geburt gemessen; sie belief sich auf 6,23 mval/l.

Für die Erythrozyten fanden sich in der Literatur zwei Angaben.

LOSSE et al. (60) maß bei 26 Erwachsenen 89,83 mval/l. Bei RIECKER (75) war als Mittelwert 80,5 mval/l für Erwachsene zu finden bei einem Kollektiv von 23 Personen. Auch hier lagen die bei den Neugeborenen gefundenen Werte höher, wobei wieder am ersten Tag die Spiegel mit 101,48 mval/l am höchsten waren. Der geringste Wert war aber mit 98,40 mval/l noch größer als für Erwachsene gültige Vergleichswerte.

Wie aus dem Histogramm Abb. 5 ersichtlich wird, nahmen die Konzentrationen des Natrium im Plasma vom ersten bis dritten Tag zu, um dann wieder bis zum fünften niedriger zu werden.

In den Erythrozyten zeigte sich dagegen vom ersten bis zum fünften Tag eine steigende Tendenz.

Im Gegensatz zum Kalium waren hier die Unterschiede im Plasma nicht, wohl aber in den Erythrozyten signifikant.

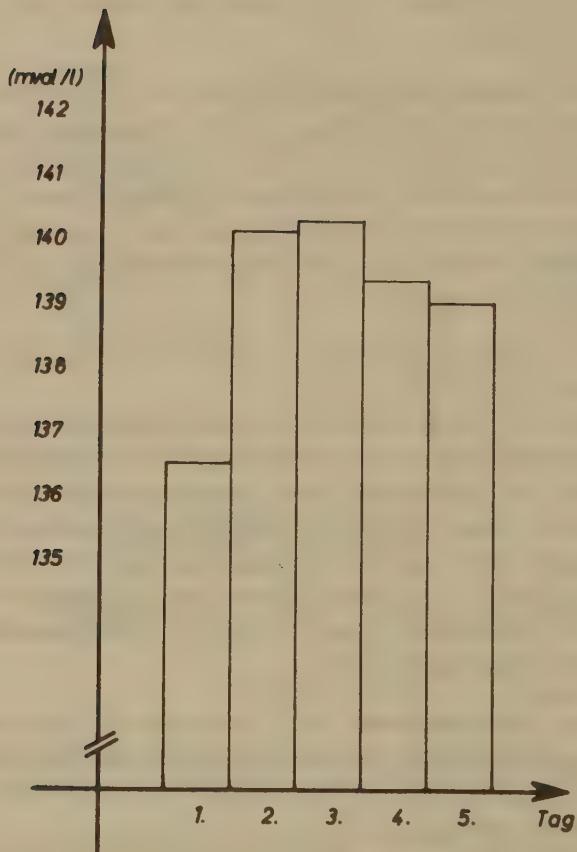


Abb. 9: Natriumkonzentrationen im Plasma am ersten bis fünften Tag post partum.

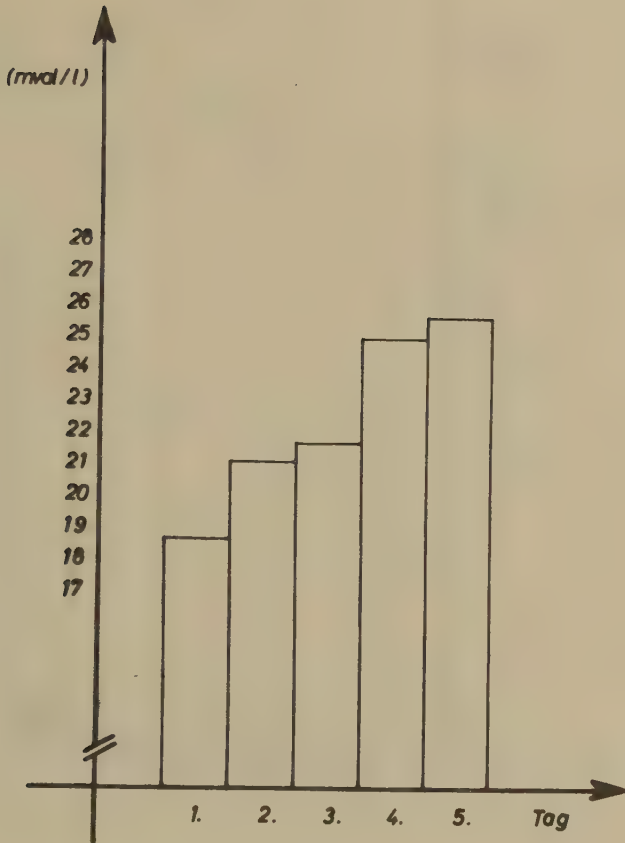


Abb. 10: Natriumkonzentrationen in den Erythrozyten am ersten bis fünften Tag post partum.

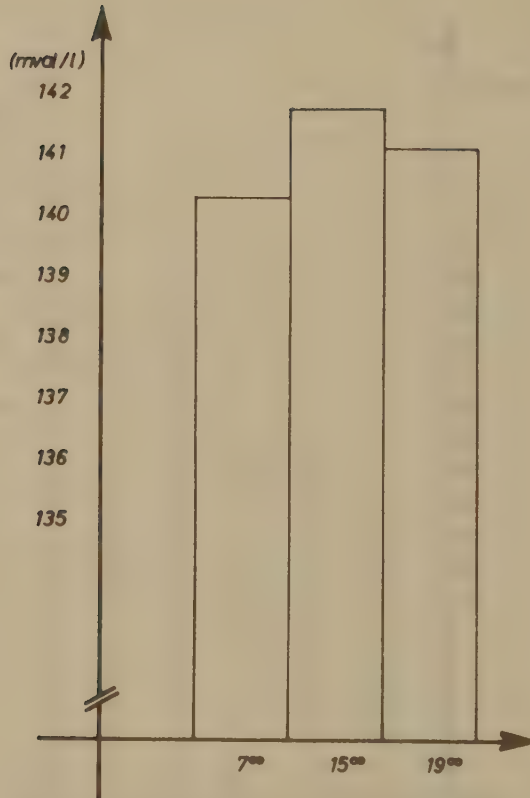


Abb. 11: Natriumkonzentrationen im Plasma am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

Am dritten postpartalen Tag war ein Anstieg des intraerythrozytären Natrium vom Morgen bis zum Abend zu bemerken. Im Plasma zeigte sich um 15⁰⁰ Uhr ein Maximum, während die Werte um 7⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr niedriger waren. Im Plasma wie auch in den Erythrozyten wurde das Signifikanzniveau $p = 0,05$ bei der Varianzanalyse jedoch nicht erreicht.

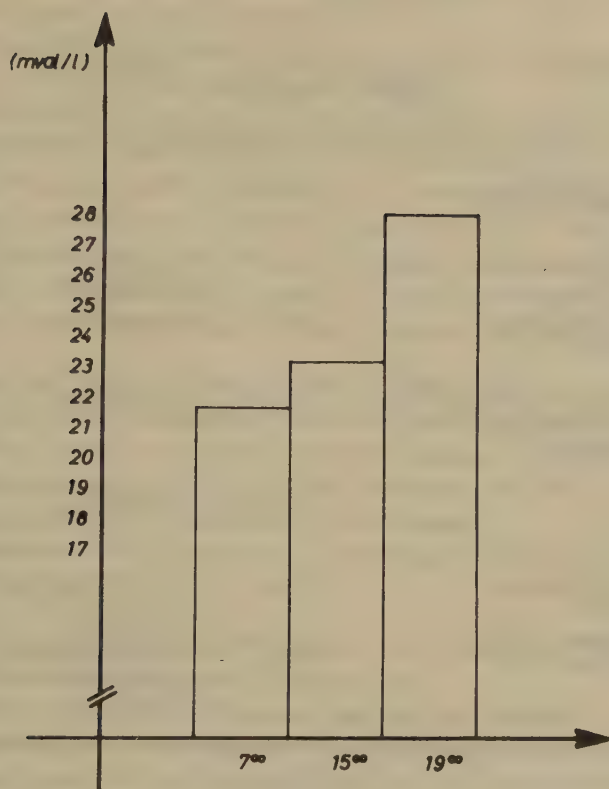


Abb. 12: Natriumkonzentrationen in den Erythrozyten am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

Die in der Literatur vorkommenden Werte für Natrium sind in der Tabelle XVI aufgeführt.

P l a s m a

A u t o r	Methode	Zahl der Fälle	Wert (mval/l)	Material
NORINDER (67)	Flammenspectrummethode	4	145,8	Foet
MICHEL (66)	Flammenphotometrie	34	137,2	Neugeb. Nabelvene
BEILIN et al. (9)	Flammenphotometrie		142	Erwachsene
HALD (37)	Kalthoffs-Unranyl-Zink-Säure Reagenz	10	134,6	Erwachsene
HEGLIN (42)			133-143	Erwachsene
SCHRÖDER (82)	Flammenphotometrie		128,7	tiefes Nierenversagen vor Dialyse
	Flammenphotometrie		129,7	tiefes Nierenversagen nach Dialyse

E r y t h r o z y t e n

LOSSE et al. (60)	Flammenphotometrie	26	13,00	Erwachsene
RIECKER (75)	Flammenphotometrie	23	16,8	Erwachsene
SCHRÖDER (82)	Flammenphotometrie		17,2	akutes Nierenversagen vor Dialyse

Tab. XVI: In der Literatur angegebene Mittelwerte für Natrium im Plasma und in den Erythrozyten.

Bei HEGGLIN (42) beträgt der Normbereich für Natrium im Plasma 133 bis 143 mval/l.

NORINDER (67) ermittelte bei vier Feten eine Erhöhung der Konzentration auf 145,8 mval/l.

MICHEL (66) gab für das Nabelvenenblut einen Wert an, der innerhalb der von HEGGLIN (42) genannten Grenzen lag.

BEILIN et al. (9) und HALD (37) berichteten für Erwachsene ebenfalls über Konzentrationen im o.a. Bereich.

SCHRÖDER (82) maß Natrium bei akutem Nierenversagen vor und nach Dialyse. Er stellte eine Erniedrigung beider Werte fest - im Vergleich zu gesunden Erwachsenen.

In der eigenen Untersuchung bewegten sich alle Werte zwischen den von HEGGLIN (42) angegebenen Marken.

Von LOSSE et al. (60) wurde für gesunde Erwachsene eine Natriumkonzentration in den Erythrozyten von 13,00 mval/l angegeben. Er untersuchte 26 Personen.

RIECKER (75) bekam bei 23 Messungen einen Mittelwert von 16,8 mval/l.

SCHRÖDER (82) maß bei akutem Nierenversagen vor der Dialyse einen Wert von 17,2 mval/l.

Bei den eigenen Messungen wurden, im Gegensatz zum Plasma, in dem keine von der Erwachsenennorm abweichende Ergebnisse für Natrium gefunden wurden, für die Erythrozyten weit höhere Werte ermittelt. Der niedrigste lag am ersten Tag bei 18,48 mval/l, der höchste am fünften Tag bei 25,78 mval/l, was annähernd das Doppelte von dem von LOSSE et al. (60) angegebenen Mittelwert ausmacht.

Vom ersten bis fünften Tag nach der Geburt kam es zu einem Anstieg der Magnesiumkonzentrationen im Plasma, wobei der Anstieg am zweiten Tag besonders groß war. Die Differenz der Untersuchungsergebnisse wies sich als hochsignifikant aus, das Niveau von $p = 0,01$ wurde überschritten. In den Erythrozyten traten dagegen nur geringgradige Schwankungen auf. Signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden.

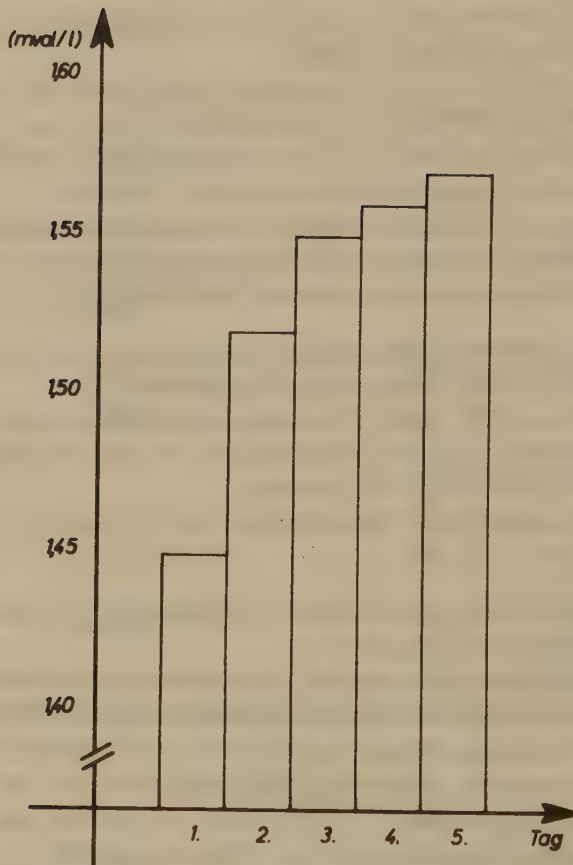


Abb. 13: Magnesiumkonzentrationen im Plasma am ersten bis fünften Tag post partum.

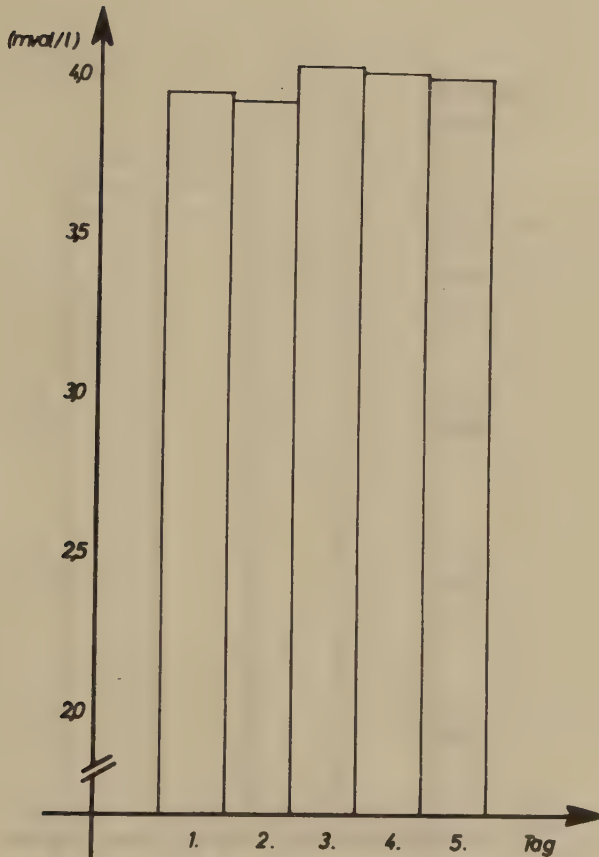


Abb. 14: Magnesiumkonzentrationen in den Erythrozyten am ersten bis fünften Tag post partum.

Am dritten postpartalen Tag stiegen während des Tagesverlaufes die Konzentrationen im Plasma und in den Erythrozyten an; für diese Anstiege konnten jedoch keine Signifikanzen nachgewiesen werden.

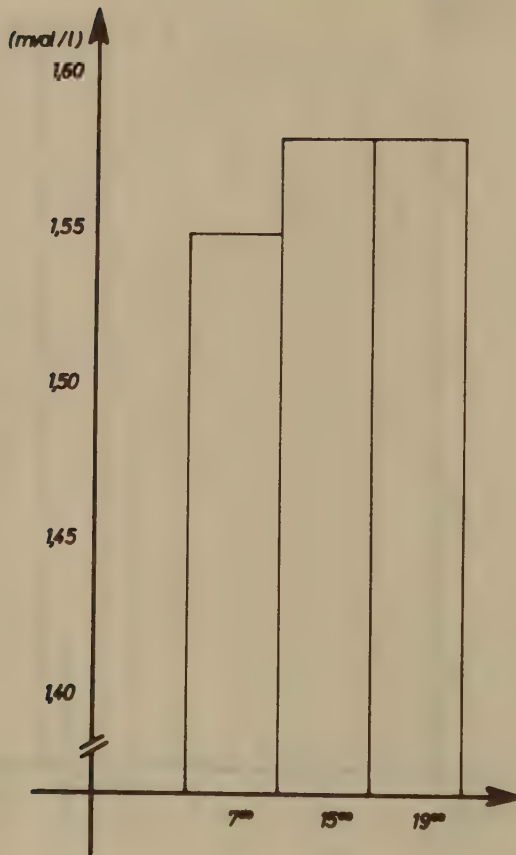


Abb. 15: Magnesiumkonzentrationen im Plasma am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

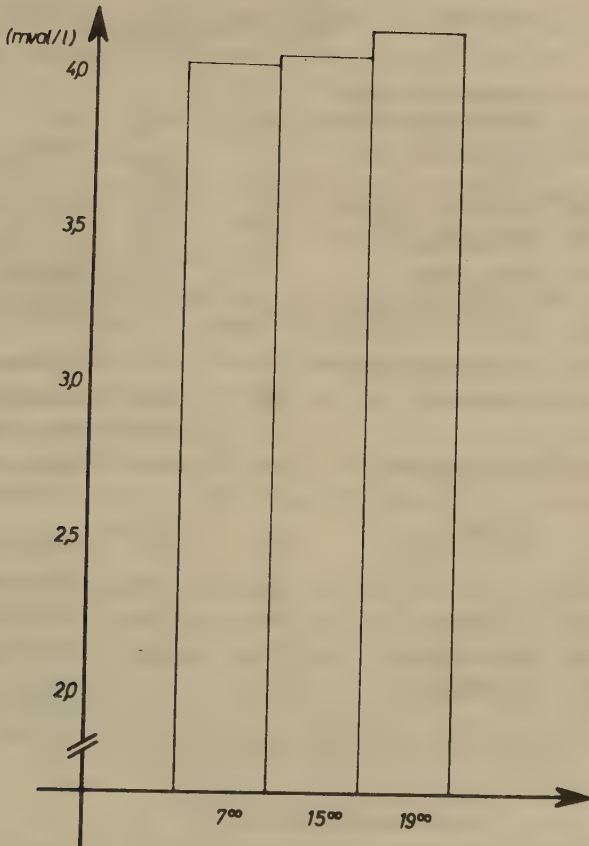


Abb. 16: Magnesiumkonzentrationen in den Erythrozyten am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

Die in der Literatur vorkommenden Werte für Magnesium sind in der Tabelle XVII aufgeführt.

P l a s m a

A u t o r	Methode	Zahl der Fälle	Wert (mval/l)	Material
NORINDER (67)	Flammenfunken- spectrummethode	4	1,28	Foet
MICHEL (65)	Komplexontitration	100	1,54	Mutter, unmittel- bar post partum
WALLACH(99)	EDTA-Titration	3	1,62	Mutter n. Geburt
WALLACH(99)	EDTA-Titration	3	1,64	Kind nach Geburt
LOSSE (59)	Titangelb		1,65	Erwachsene
GREENBERG et al. (35)	Hydroxychinolin	58	2,25	Erwachsene
HALD (37)	Ammoniumphosphat	10	1,70	Erwachsene
KAPITOLA(53)	Titangelb	92	1,80	Erwachsene
DAHL (19)			1,73-1,81	Erwachsene
BAUM et al. (7)	Enzymatisch	10	1,28-2,3	Erwachsene
STEWART et al. (95)	Atom- absorption	100	1,72	Erwachsene
HALL (38)		30	1,87	Erwachsene
HAURY (40)	Titangelb	52	2,04	Erwachsene
WALKER (98)	nach Brigg	87	1,81	Erwachsene
BERNSTEIN et al. (11)	Titangelb	13	3,31	chron. Nephritis

E r y t h r o z y t e n

WALLACH(99)	EDTA-Titration	3	4,80	Mutter n. Geburt
WALLACH(99)	EDTA-Titration	3	4,40	Kind nach Geburt
GREENBERG et al. (35)	Hydroxychinolin	58	5,44	Erwachsene
KAPITOLA et al. (53)	Titangelb	92	4,94	Erwachsene

Tab. XVII: In der Literatur angegebene Mittelwerte für Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten.

Bei NORINDER (67) wurde für die von ihm untersuchten Foeten eine Magnesiumkonzentration von 1,28 mval/l im Plasma gefunden.

MICHEL (65) erhielt für Mütter einen Magnesiumspiegel von 1,54 mval/l. Es wurden 100 Mütter unmittelbar nach der Geburt untersucht.

WALLACH (99) ermittelte einen Wert von 1,62 mval/l bei Müttern nach der Geburt und einen Wert von 1,64 mval/l bei Kindern nach der Geburt.

Die Angaben für Erwachsene, die nicht gravide sind, waren dagegen bedeutend höher. Die höchsten Mittelwerte stammen von GREENBERG et al. (35) und HAURY (40), wobei beim ersten Autor 2,25 mval/l und bei dem zweiten 2,04 mval/l genannt werden.

Bei chronischer Nephritis liegt der Magnesiumspiegel nach BERNSTEIN et al. (11) bei 3,31 mval/l; es wurden 13 Personen untersucht.

Bei den vorliegenden Messungen waren die Magnesiumwerte gegenüber denen für nicht-gravide Erwachsene erniedrigt. Die niedrigste Konzentration trat am ersten Tag nach der Geburt auf, mit 1,45 mval/l, die höchste am 5. Tag mit 1,57 mval/l. Doch auch diese Angabe liegt unter denen, die in der Literatur für Erwachsene mitgeteilt werden.

GREENBERG et al. (35) gibt für nicht-gravide, gesunde Erwachsene eine Erythrozytenkonzentration bei Magnesium von 5,44 mval/l an; es wurden 58 Personen zu den Messungen herangezogen.

KAPITOLA et al. (53) berichtet einen Mittelwert von 4,94 mval/l. Bei ihm wurden 92 Personen untersucht.

Von WALLACH (99) wurde bei drei Müttern nach der Geburt eine Erniedrigung des Magnesiumgehaltes auf 4,8 mval/l festgestellt. Bei den gleichzeitig durchgeführten Messungen bei Neugeborenen betrug der Gehalt nur 4,40 mval/l.

Die Ergebnisse bei den eigenen Bestimmungen lagen sogar noch wesentlich niedriger.

Am ersten Tag wurde eine Konzentration von 3,97 mval/l erhalten. Die höchsten Werte traten am dritten postpartalen Tag auf. Das Mittel betrug 4,05 mval/l.

	errechneter F-Wert	F-Wert für Niv. p=0,05	F-Wert für Niv. p=0,01
K Pls. 1.-5. Tag	8,22xx	2,44	3,47
K Ery. 1.-5. Tag	1,95	2,44	3,47
Na Pls.1.-5. Tag	0,01	2,40	3,38
Na Ery.1.-5. Tag	3,57xx	2,42	3,41
Mg Pls.1.-5. Tag	5,42xx	2,40	3,38
Mg Ery.1.-5. Tag	0,67	2,40	3,38
K Pls. 3 Tageswerte	7,17xx	3,11	4,88
K Ery. 3 Tageswerte	1,25	3,11	4,88
Na Pls.3 Tageswerte	0,42	3,09	4,82
Na Ery.3 Tageswerte	2,12	3,09	4,82
Mg Pls.3 Tageswerte	0,71	3,09	4,82
Mg Ery.3 Tageswerte	0,57	3,09	4,82

Tab. XVIII: Errechnete F-Werte im Vergleich zu F-Werten, die zur Erreichung der Signifikanzniveaus p=0,05 und p=0,01 erforderlich sind.

Die Tab. XVIII gibt einen Überblick über die errechneten F-Werte für die Elektrolytbestimmungen im Vergleich zu den F-Werten, die erreicht werden müssen, um das Niveau 0,05 bzw. 0,01 zu erreichen.

Wenn das Niveau $p = 0,05$ überschritten wurde, wurde mit **x** gekennzeichnet; wurde $p = 0,01$ überschritten, wurde mit **xx** gekennzeichnet.

Der Grund für die von der Erwachsenennorm abweichenden Werte kann zum Teil in der noch unzulänglichen Funktion der kindlichen Organe liegen, insbesondere der Nieren.

Die Reifung der einzelnen Stoffwechselfunktionen geht beim Neugeborenen nach der Geburt mit unterschiedlicher Geschwindigkeit vor sich. Die Niere ist - bei Frühgeborenen noch stärker als bei reifen Neugeborenen - in ihrer Funktion noch nicht voll entwickelt (3, 4, 5, 22, 27, 34, 50, 62, 81, 94).

HUNGERLAND (50) bezeichnet den Zustand während der ersten Tage des Säuglings mit "physiologischem Diabetes insipidus". Es besteht eine verminderte Ansprechbarkeit der Nierenzellen auf Adiuretin.

Nach GLADTKE (34) ist zum Beispiel die glomeruläre Filtration beim Neugeborenen stark vermindert und die Thio-sulfateliminationshalbwertszeit auf das etwa Dreifache verlängert. Die Inulinclearance ist erniedrigt (4, 34, 50). Bezieht man die Inulinclearance auf die Körperoberfläche, so kommt man auf Werte, die etwa 30 bis 50 % der Erwachsenenorm ausmachen. Die geringsten erhält man für Frühgeborene. Ein eventueller Grund für die Verminderung der größtenteils physikalischen Vorgänge bei der glomerulären Filtration wird gesehen in der verdickt und dreischichtig erscheinenden Basalmembran der Glomerula in der Neugeborenenperiode (34). Die glomeruläre Filtrationsrate hat mit zwei Jahren erst das Ausmaß der Erwachsenen erreicht.

Ebenso, wie die glomeruläre Funktion eingeschränkt ist, sind die für den Mineralhaushalt wichtigeren tubulären Funktionen der Nieren herabgesetzt (4, 34). Die tubuläre Sekretion zum Beispiel reift innerhalb des zweiten bis vierten Lebensmonats.

Zu dieser altersbedingten Unreife wird noch der Einfluss der Geburt selbst auf die Organfunktionen kommen.

Die Flüssigkeitsverteilung im Organismus ist beim jungen Kind anders als beim Erwachsenen. Je jünger ein Kind ist, desto saftreicher ist sein Gewebe (81). Der Flüssigkeitsbedarf des Säuglings und Kleinkindes ist nach SCHMIDT (81), bedingt durch die hohe Perspiratio insensibilis und die geringe Konzentrationsfähigkeit der Nieren, besonders groß.

Nach DENNIG (24) und HUNGERLAND (50) kann die Niere eines Erwachsenen bis 1.300 - 1.400 m Osmol/l konzentrieren. Bei Neugeborenen steigt der osmotische Druck in den ersten Lebenstagen bei der physiologischen Exsiccose jedoch nicht über 600 m Osmol/l an. Nicht nur die Fähigkeit, zu konzentrieren, sondern auch die, zu verdünnen, ist bei Nieren Neugeborener eingeschränkt.

DEAN et al. (22) konnten zeigen, daß die nach Gabe von hypertoner NaCl-Lösung einsetzende rapide Diurese bei Erwachsenen bei einem Versuchsmaterial, das aus Kindern mit inoperablen Meningomyelocelen bestand, eine geringere Intensität aufwies und länger anhielt.

Bei neugeborenen Ratten blieb eine Reaktion auf Natriumchlorid sogar ganz aus, was darauf hindeutet, daß die Nieren von neugeborenen Ratten noch unterentwickelter sind als die von menschlichen Neugeborenen.

Der Unreife der Nieren wird die Hyperkaliämie in den ersten Lebenstagen in Rechnung gestellt, denn auch beim Erwachsenen führt ein insuffizientes Arbeiten der Nieren zu einem Ansteigen des Kaliumspiegels.

GESSLER (31) und SCHRÖDER et al. (82) untersuchten die Kaliumkonzentrationen vor und nach extrakorporaler Hämodialyse bei akutem Nierenversagen. Zu Anfang der Dialyse bestand eine Hyperkaliämie, die sich nach der Dialyse normalisierte.

Trotz der unzureichenden Funktion der Niere kommt es nicht zu einem weiteren Anstieg des Serumkalium, das sogar in den Tagen nach der Geburt abfällt. Das Gleichgewicht wird gewahrt, indem durch das Wachstum Stickstoff, Wasser und Salze ins Gewebe eingelagert werden (50, 62, 64).

Mc. CANCE et al. (62, 64) konnten an neugeborenen Schweinen die Wichtigkeit des Wachstums zur Aufrechterhaltung des milieu interieur demonstrieren. Es wurden zwei Kollektive von neugeborenen Ferkeln gebildet. Eines erhielt einen Überschuss an Kalium ($20 \text{ mval/kg/24}^{\text{h}}$) während der ersten 40 Lebensstunden, dazu nur Wasser, das andere dagegen auch diese Kaliummenge, jedoch statt Wasser Saumilch. Gab man zu dem Kalium Saumilch, konnte Kalium in die Zellen eingebaut werden, die Tiere blieben gesund, während bei der Gabe von Kalium und Wasser es zu einer progredienten Kaliumretention kam und die Tiere Intoxikationserscheinungen boten. Jede Schwächung des Wachstumsreizes, wie zum Beispiel eine schwere Geburt, kann über den mangelnden Einbau von Salzen zu einer Störung des Elektrolythaushaltes führen.

Zu der Unreife der Nieren kommt noch hinzu, daß die Regulation - besonders die hormonale - des Wasser- und Elektrolythaushaltes wahrscheinlich noch unvollständig entwickelt ist (5, 66).

Korrespondierend zu dem erhöhten Kaliumplasmaspiegel findet man in den Erythrozyten Kaliumwerte, die über der Erwachsenennorm liegen. Der Verlauf der Konzentrationen von Plasma und Erythrozyten ist gleichsinnig.

Die Natriumwerte blieben bei den Neugeborenen noch im unteren Normbereich für Erwachsene. Eine Erklärungsmöglichkeit läge dafür, wie auch beim Kalium, in der mangelnden Tubulusleistung.

Natrium wird in allen Nephronabschnitten aus dem Primärharn resorbiert und auf diese Weise konserviert. Sicher spielen jedoch noch weitere Komponenten, wie etwa hormonale, eine wesentliche Rolle.

Während im Plasma sich die Natriumspiegel noch im Normbereich bewegen, ist der Natriumgehalt der Erythrozyten bei den Neugeborenen stark erhöht. Während der ersten Lebenstage bewegt er sich nicht auf die Erwachsenennorm zu, sondern steigt im Gegenteil bis zum fünften Lebenstag an.

Es kommt anscheinend zu einem Natriumeinstrom in die Erythrozyten bzw. in die Zellen hinein, während sich die Konzentration im extrazellulären Raum nicht signifikant ändert. Diese Tendenz ist bemerkenswert, da sich die Stoffwechsellaage des Neugeborenen bessert während der ersten Tage und ein Aufrechterhalten eines größeren Konzentrationsgradienten am fünften Tag eher möglich wäre als am ersten Tag. Zudem nimmt nach der Geburt die Oestrogeneinwirkung ab, was ebenfalls zu einem Absinken des Kochsalzgehaltes führen müßte.

Die Ursache dieser sich verstärkenden intrazellulären Natriumüberkonzentration bleibt noch unerklärt.

Das Magnesium ist bei Neugeborenen im Plasma, wie auch in den Erythrozyten, erniedrigt. Auch bei den Müttern fällt eine Senkung des Magnesiumspiegels auf, wobei es während der Gravidität zu signifikanten Schwankungen kommt (65). Unter der Geburt selbst findet noch einmal ein signifikanter Abfall der Magnesiumkonzentration im Plasma bei der Mutter statt.

Im Gegensatz zum Kalium und Natrium ließ sich beim Plasmamagnesium eine Konzentrationserhöhung bei Neugeborenen feststellen. Anscheinend kommt es im Plasma schneller zu einem Angleich an die Erwachsenennorm, während der Gehalt in den Erythrozyten unverändert bleibt.

Eine Ursache für diese Konstanz des intraerythrozytären Magnesiumgehaltes ist vielleicht darin zu finden, daß Magnesium - anders als Kalium und Natrium - zu einem wesentlichen Teil an Eiweiß gebunden vorliegt.

Die Unterschiede der Ergebnisse der Elektrolyte für den dritten Tag um 7⁰⁰ Uhr, um 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr waren lediglich für die Kaliumkonzentrationen im Plasma signifikant; das Niveau $p = 0,01$ wurde überschritten. Inwieweit die später besprochene Besserung der Stoffwechsellage im Laufe des Tages oder andere Faktoren diesbezüglich eine Rolle spielen, ist ungewiss.

Als Maß für das Fließgleichgewicht des zellulären Kationentransportes bzw. für den aktiven Transport für Natrium und Kalium kann man den Quotienten, gebildet aus dem Wert für die intrazelluläre Natriumkonzentration und dem für die intrazelluläre Kaliumkonzentration als Nenner des Bruches, $Q \text{ Na}_i/\text{K}_i$ nehmen (76, 82). Ein weiterer Quotient, an dem man ebenfalls eine Störung des aktiven Ionentransportes ablesen kann, ist der Kaliumquotient $Q \text{ K}_i/\text{K}_e$, berechnet aus der intra- und extrazellulären Kaliumkonzentration (30, 31).

Die Konzentrationen für Natrium und Kalium werden im Erythrozyten mit Hilfe der sogenannten Natrium-Kaliumpumpe aufrechterhalten. Temperaturabfall, Sauerstoffmangel, Anstieg der Wasserstoffionenkonzentration und Toxine führen zur Hemmung der Glycolyse und damit zur Erhöhung des Natrium-Kaliumquotienten, da die Glycolyse die Energie für die Pumpe liefert (76). Bei akutem Nierenversagen zum Beispiel liegt der Natrium-Kalium-Quotient oberhalb der Norm (82). Er befindet sich nach den vorliegenden Messungen bei Neugeborenen bemerkenswerterweise in den ersten Tagen nach der Geburt im Normbereich und steigt dann, trotz der Verbesserung der von RIECKER et al. (82) angegebenen und oben genannten Parameter an bis zur oberen Normgrenze.

Dieser Anstieg wird hauptsächlich durch den Natriumeinstrom verursacht, da die Konzentration des Kalium, bezogen auf den Wert am ersten Tag, um 2,65 % fällt, während die Natriumkonzentration, ebenfalls auf den ersten Tag nach der Geburt bezogen, um 39,50 % ansteigt.

Betrachtet man dagegen den Kaliumquotienten, gebildet aus Kaliumkonzentration in den Erythrozyten und im Plasma, ebenfalls ein Maß für den aktiven Ionentransport darstellend, aber nur auf ein Elektrolyt bezogen, so steigt er - mit der im Laufe der ersten Tage eintretenden Stoffwechsellaageverbesserung - ständig an.

Von RIECKER et al. (76) wird ein Natrium-Kaliumquotient von 0,17 bis 0,26 als normal angesehen.

SCHRÖDER et al. (82) geben Grenzwerte von 0,12 bis 0,20 (Mittelwert 0,16) als noch normal für erwachsene Individuen an.

Bei den eigenen Untersuchungen lag der Quotient während des ersten bis dritten Tages nach der Geburt innerhalb der von beiden Autoren angegebenen Grenzen. Am vierten Tag stieg er dann auf 0,27 an, um am fünften Tag wieder etwas abzusinken.

Für den Kaliumquotienten ließen sich keine geeigneten Vergleichsangaben finden.

Am dritten Tag nach der Geburt überstieg der Wert des Natrium-Kaliumquotienten um 19⁰⁰ Uhr den von RIECKER et al. (76) angegebenen Wert.

Die Abbildungen Nr. 17 bis Nr. 20 zeigen den Verlauf der Quotienten in Abhängigkeit von der Zeit.

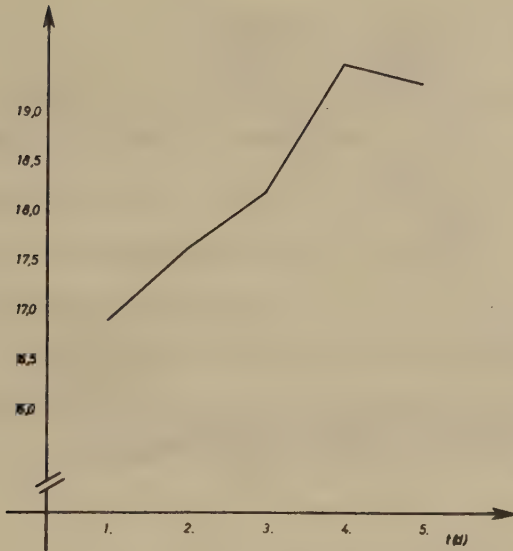


Abb. 17: Kaliumquotienten Q_{K_1/K_2} am ersten bis fünften Tag post partum.

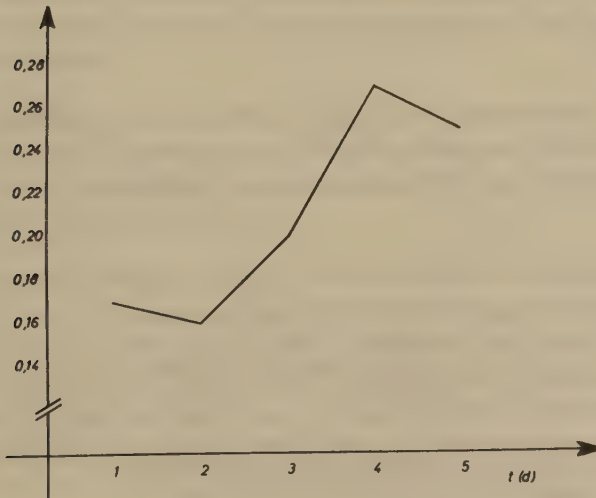


Abb. 18: Natrium-Kaliumquotient Q_{Na_1/K_1} am ersten bis fünften Tag post partum.

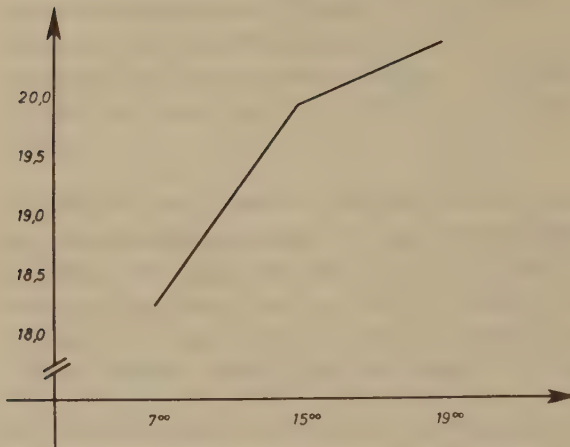


Abb. 19: Kaliumquotient $Q_{K_i/K}$ am dritten postpartalen Tag um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

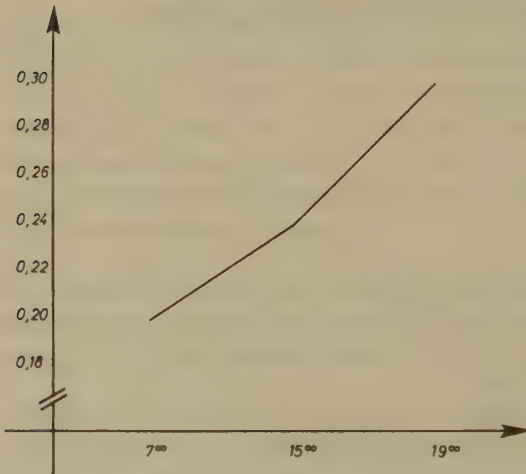


Abb. 20: Natrium-Kaliumquotient Q_{Na_i/K_i} am dritten postpartalen Tag um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr.

	errechneter F-Wert	F-Wert für Niv. p=0,05	F-Wert für Niv. p=0,01
Q K_1/K_e 1.-5. Tag	4,84xx	2,44	3,47
Q Na_1/K_1 1.-5. Tag	7,45xx	2,44	3,47
Q K_1/K_e 3 Tageswerte	6,25xx	3,11	4,88
Q Na_1/K_1 3 Tageswerte	4,64x	3,11	4,88

Tab. XIX: Errechnete F-Werte im Vergleich zu F-Werten, die zur Erreichung der Signifikanzniveaus $p=0,05$ und $p=0,01$ erforderlich sind.

Die Tabelle XIX gibt einen Überblick über die errechneten F-Werte für die Quotienten im Vergleich zu den F-Werten, die erreicht werden müssen, um das Niveau 0,05 bzw. 0,01 zu erreichen.

Wenn das Niveau $p = 0,05$ überschritten wurde, wurde mit x gekennzeichnet, wurde $p = 0,01$ überschritten, wurde mit xx gekennzeichnet.

Die Ergebnisse unterscheiden sich alle signifikant, lediglich bei dem Unterschied zwischen den Werten für den dritten Tag des Natrium-Kaliumquotienten wird das Niveau $p = 0,01$ nicht erreicht.

Während das Ansteigen der Kaliumquotienten annähernd parallel mit der Verbesserung der Stoffwechsellage verläuft - sowohl während der ersten fünf Lebenstage wie auch während des dritten Tages post partum - nimmt der Natrium-Kaliumquotient einen Verlauf, der, ähnlich dem der Natriumkonzentrationen in den Zellen, schwierig zu interpretieren ist.

5.2. Besprechung des Säure-Basenhaushaltes, des HK und Hb

Die beiden folgenden Abbildungen 21 und 22 veranschaulichen das Verhalten des Säure-Basenhaushaltes während der betrachteten Zeitintervalle.

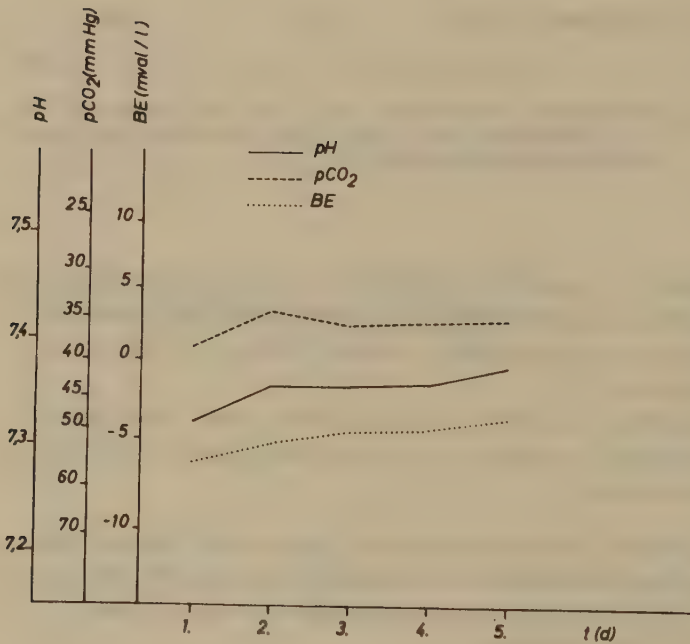


Abb. 21: Aktuelle Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, Kohlendioxiddruck und Base-Excess am ersten bis fünften Tag post partum.

Unter Verwendung des von SIGGAARD-ANDERSEN angegebenen Nomogramm (87) verlaufen die Kurven für pH, $p\text{CO}_2$ und BE annähernd parallel. Während der ersten Lebenstage kam es zu einem stetigen Ansteigen des BE zu weniger negativen Werten, des pH zu weniger sauren Werten; lediglich beim $p\text{CO}_2$ wurde der niedrigste Wert am 2. postpartalen Tag erreicht und damit die Kontinuität des Abfalls der Drucke unterbrochen. Die Veränderungen für den aktuellen pH-Wert erwiesen sich als hochsignifikant, für die BE-Werte wurde das Signifikanzniveau $p = 0,05$ überschritten. Die Unterschiede der CO_2 -Drucke waren dagegen nicht signifikant.

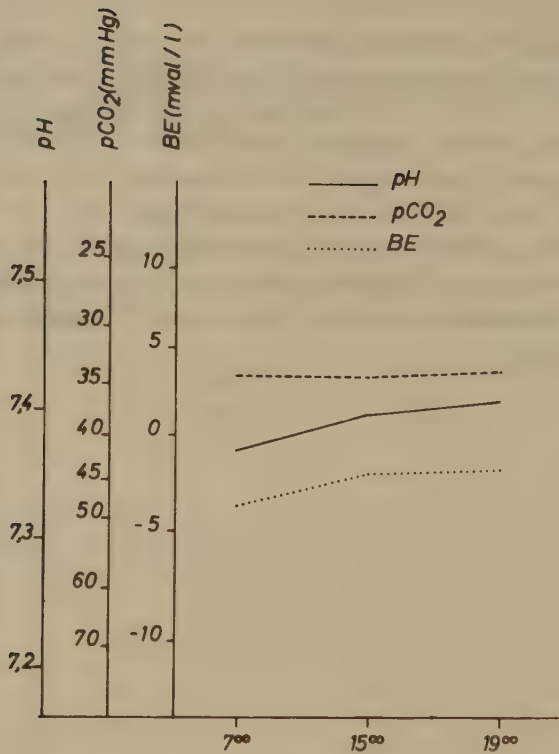


Abb. 22: Aktuelle Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, Kohlendioxiddruck und Base-Excess am dritten Tag post partum um 7.00 Uhr, 15.00 Uhr und um 19.00 Uhr.

Am dritten Tag nach der Geburt war am Morgen der niedrigste BE-Wert festzustellen. Der BE stieg dann im Tagesverlauf zu weniger negativen Werten an. Das pH bewegte sich von saureren zu basischen Werten.

Bei dem pCO_2 war nur eine geringe Schwankung zu beobachten. Der abendliche Druck lag nur gering unter denen, die um 7.00 Uhr und um 15.00 Uhr gemessen wurden. Die Unterschiede für den aktuellen pH-Wert und für den BE waren hochsignifikant, das Niveau $p = 0,01$ wurde überschritten. Die Veränderungen des pCO_2 waren dagegen nicht signifikant.

	errechneter F-Wert	F-Wert für Niv. $p=0,05$	F-Wert für Niv. $p=0,01$
HK 1.-5. Tag	3,71xx	2,40	3,38
Hb 1.-5. Tag	3,35x	2,46	3,51
pH akt. 1.-5. Tag	3,87xx	2,46	3,51
pCO_2 1.-5. Tag	1,09	2,46	3,51
BE 1.-5. Tag	3,00x	2,46	3,51
HK 3 Tageswerte	3,21x	3,07	4,78
Hb 3 Tageswerte	0,43	3,13	4,92
pH akt. 3 Tageswerte	5,14xx	3,13	4,92
pCO_2 3 Tageswerte	0,25	3,13	4,92
BE 3 Tageswerte	5,78xx	3,13	4,92

Tab. XX: Errechnete F-Werte im Vergleich zu F-Werten, die zur Erreichung der Signifikanzniveaus $p = 0,05$ und $p = 0,01$ erforderlich sind.

Die Tabelle XX gibt einen Überblick über die errechneten F-Werte für die Quotienten im Vergleich zu den F-Werten, die erreicht werden müssen, um das Niveau 0,05 bzw. 0,01 zu erreichen.

Wurde das Niveau $p = 0,05$ überschritten, wurde mit x gekennzeichnet, wurde $p = 0,01$ überschritten, wurde mit xx gekennzeichnet.

Die folgende Tabelle XXI wurde chronologisch nach dem Alter der Kinder geordnet. Die ersten fünf Zeilen geben Werte für die Mutter und das Neugeborene an, wie sie unter der Geburt gefunden wurden. Die dann folgenden Reihen berücksichtigen nur noch das Kind. Es wurde dabei keine Rücksicht genommen, woher das Blut stammte und wie es gewonnen wurde, ob aus der arteria umbilicalis oder ob es sich um Kapillarblut handelte. Wie oben erwähnt, besteht eine gute Übereinstimmung beim Säure-Basenstatus zwischen arterialisiertem und arteriellem Blut.

A u t o r	Zahl d. Fälle	Wert pH	Wert CO ₂ (mmHg)	Wert BE (mval/l)	M a t e r i a l
WULF (106,107)	36	7,423	33,2		a.uterina/Geburt
WULF (106,107)	36	7,413	34,5		v.umbilicalis/Geb.
WULF (106,107)	36	7,302	49,0		a.umbilicalis/Geb.
FISCHER (28)	16	7,19	42,3	- 12,2	Geburt
Mc. CANCE (63)		7,23	58		Geburt
BEUTNAGEL (12)	30	7,131	58,75	-11,52	a.umbilicalis 1'-2' post partum
FISCHER (28)	16	7,00		- 19,3	2' post partum
FISCHER (28)	16		68,2		3' post partum
HICKL (47)	82	7,21	50,9		a.umbilicalis 1'-3' post partum
HICKL (47)	82	7,15	56,17		Kapillarblut 1'-3' post partum
SALING (79)		Minimum			5'-10' post partum
SOERGEL (92)	105	7,12	66,7	- 12,3	Kapillarblut bis 5' post partum
FISCHER (28)	16		42,3		30' post partum
Mc. CANCE (63)		7,30	39		1 h post partum
FISCHER (28)	16		35,5	- 8,8	2 h post partum
Mc. CANCE (63)		7,34	38		3 h post partum
BERG et al.(10)	14	7,421		- 1,9	a.umbilicalis 12 h post partum
BERG et al.(10)	9		32,3		a.umbilicalis 12 h post partum
Mc. CANCE (63)		7,41	34		24 h post partum
WEISBROT et al. (101)	14	7,408	33,6		24 h post partum
BERG et al.(10)	13	7,425		- 0,9	a.umbilicalis 24 h post partum
BERG et al.(10)	8		33,6		a.umbilicalis 24 h post partum
BEUTNAGEL (12)		7,367	33,53	- 4,68	a.umbilicalis 24 h post partum
ROGNER (77)		7,377			4. Tag post par- tum

Tab. XXI: In der Literatur angegebene Werte für den Säure-Basen-Status während der Geburt bei Neugeborenen.

Aus den Tabellenwerten sind die pH- und BE-Entwicklung sowie der $p\text{CO}_2$ -Anstieg kurze Zeit nach der Geburt abzulesen und danach der allmähliche Anstieg von pH, das Sinken der CO_2 -Spannung und das Verhalten des BE. Bei den eigenen Messungen wurden nur die vollen Tage nach der Geburt berücksichtigt. Der für den ersten postpartalen Tag gefundene Wert reiht sich jedoch für pH und $p\text{CO}_2$ gut in die Tabelle ein; für den zweiten und dritten Tag fand sich keine Vergleichsangabe in der Literatur. Am vierten Tag besteht wieder eine gute Übereinstimmung mit dem von ROGNER (77) erhaltenen Wert für die Wasserstoffionenkonzentration. Die Angaben für den Base-Excess liegen, verglichen mit den in den anderen Arbeiten anzutreffenden, in etwas negativerem Bereich. Während der Geburt kommt es zu einer metabolischen Azidose, die von respiratorischen Anteilen überlagert wird (28). Übereinstimmend berichten die Autoren, daß sie ihren höchsten Wert in den ersten Minuten post partum hat (12, 28, 47, 97, 92). Der respiratorische Anteil bildet sich dann innerhalb der ersten Lebensstunden weitgehend durch Hyperventilation zurück. Bei den eigenen Untersuchungen lagen die Werte alle unter 40 mmHg für den CO_2 -Druck, so daß der respiratorische Faktor nicht mehr erfasst wurde.

Die Entstehung des respiratorischen Anteiles lässt sich durch den Geburtsvorgang und durch die Umstellung auf die Lungenatmung erklären. Die ersten Atemzüge verlaufen diskontinuierlich, die Flut der extero-rezeptiven Reize auf das bisher weitgehend von der Aussenwelt abgeschlossene Kind führt zunächst zu einer Schnappatmung. Nach ca. 90 Sekunden kommt es zu einem Wechsel, der zu einer frequenteren Atemform überleitet, die häufig mit Schreixpirationen verbunden ist; dabei überwiegen die chemorezeptiven Reize.

In den ersten Lebensminuten ist noch keine Regelmäßigkeit in der Atmung festzustellen (106).

ROGNER et al. (77) weisen jedoch darauf hin, daß der postpartal erhöhte pCO_2 -Wert nur in geringem Grade für die Senkung des pH verantwortlich gemacht werden kann und die erhöhte Wasserstoffionenkonzentration hauptsächlich durch Ansammlung fixer Säuren aus dem Stoffwechsel hervorgerufen wird.

Die Hypothesen über den Ursprung des metabolischen Anteils der Azidose sind noch kontrovers.

SALING (79) hält die "Sparschaltung" für wesentlich. Während der Geburt werden Muskulatur, Haut, Eingeweide, Lunge, eventuell auch Nieren und Nebennieren schlechter durchblutet. Anschließend, bei der Normalisierung der Durchblutung in diesen Regionen kommt es zum Einschwemmen von sauren Stoffwechselprodukten aus den genannten Gebieten, die durch anaerobe Glykolyse entstanden sind, was zum Absinken des pH im gesamten Kreislauf des Organismus führt. Je größer der Sauerstoffmangel war, desto höher ist das anfallende Milchsäurequantum.

OBOLENSKY (68) macht die Störung der Plazentardurchblutung durch die Uteruskontraktion während der Geburt für den mangelnden Stoffaustausch zwischen Feten und Mutter verantwortlich. Bei Hyperaktivität des Uterus verschlechtert sich beim Neugeborenen der Apgar- und der pH-Wert.

Dazu kommt die "Transfusionsazidose", wobei saure Valenzen, bedingt durch die Kontraktion der Gebärmutter und die dadurch entstehende Hypoxie, von der Mutter auf das Kind übertreten (57, 68). Es konnte eine Korrelation der pH-Werte zwischen Foet und Mutter nachgewiesen werden. Bei diesen Bestimmungen wurden wesentliche Unterschiede festgestellt zwischen Mikroblutentnahmen aus der Kopfschwarte und direkt post partum analysiertem Nabelschnurblut.

Die Durchblutung der Kopfschwarte unter der Geburt kann die für den Gesamtorganismus repräsentativen Stoffwechselvorgänge nicht exakt widerspiegeln, da lokale Durchblutungsstörungen wesentlich sind (57, 110), die jedoch bei den eigenen Blutentnahmen, die an der Ferse und längere Zeit nach der Geburt vorgenommen wurden, keine Rolle mehr spielten.

BUCCI et al. (15) geben als weiteren Grund für die metabolische Azidose einen Gewebskatabolismus an, der besonders bei leichteren Kindern ins Gewicht fallen soll. Der Autor stützt seine Thesen auf ein Material, das sich aus klinisch gesunden Frühgeborenen rekrutierte.

Ebenfalls BUCCI et al. (15) sind der Ansicht, daß die Niere, die wie die Lunge ein wichtiges Regulativ im Säure-Basenhaushalt darstellt, wegen ihrer noch nicht ausdifferenzierten Funktion die anfallenden fixen Säuren nicht ausreichend eliminieren kann.

THALME (zit. nach BERG et al. (10) und BEUTNAGEL et al. (12)) sieht als einen wesentlichen Faktor für die Azidose die postpartale Oxygenierung des vor der Geburt zu 75 % reduzierten Hämoglobins an.

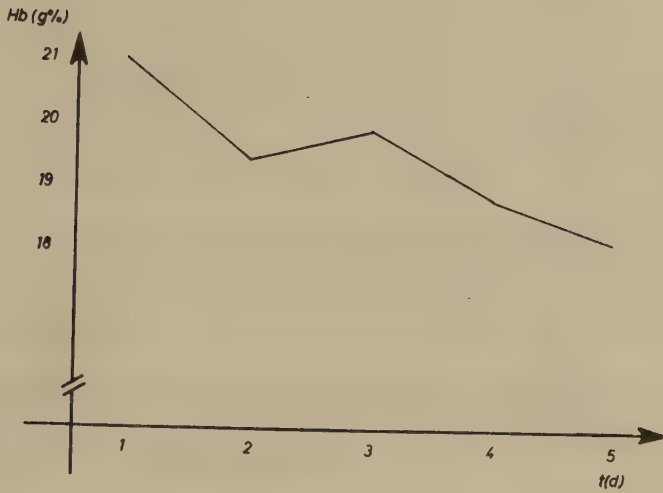


Abb. 23: Hämoglobingehalt am ersten bis fünften Tag post partum.

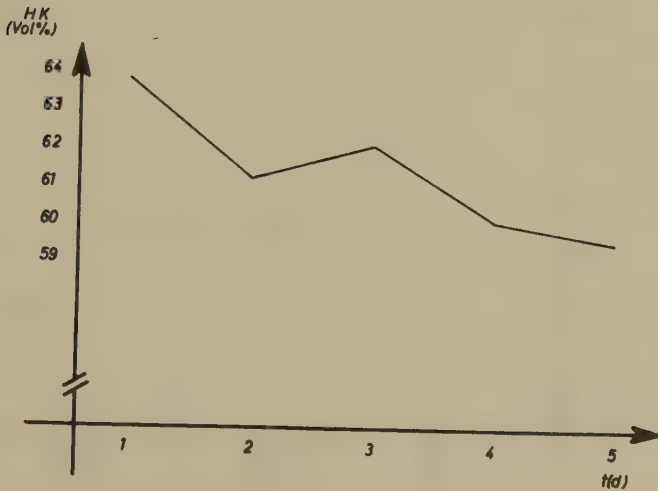


Abb. 24: Hämatokritwert am ersten bis fünften Tag post partum.

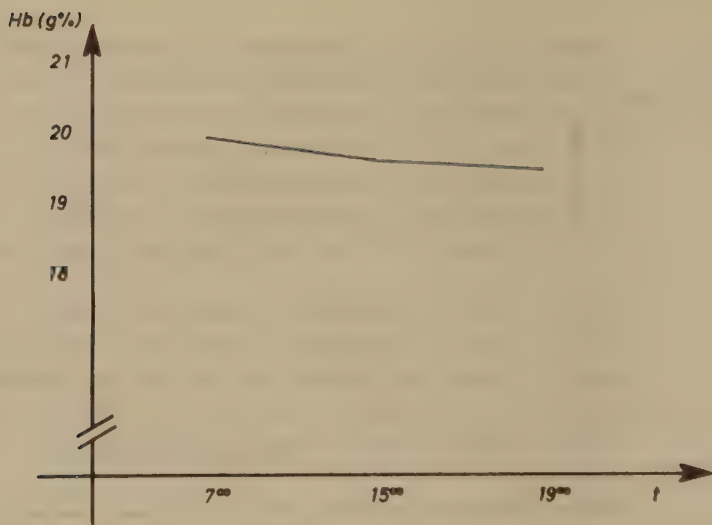


Abb. 25: Hämoglobingehalt am dritten Tag post partum um 7.00 Uhr, 15.00 Uhr und um 19.00 Uhr.

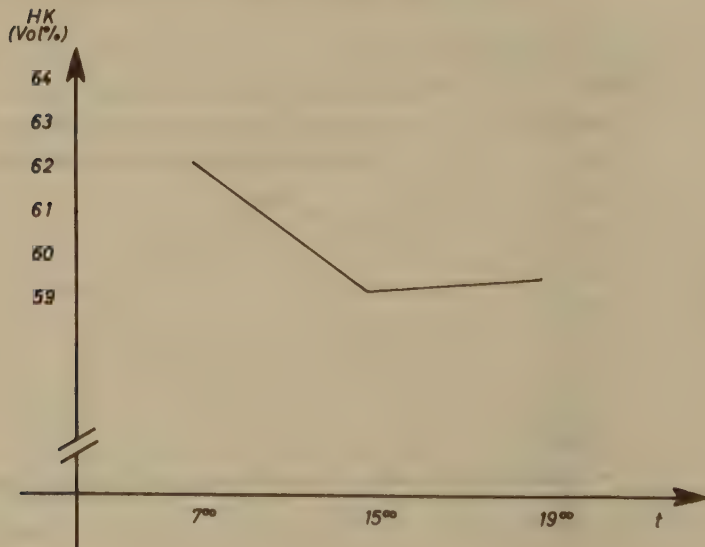


Abb. 26: Hämatokritwert am dritten Tag post partum um 7.00 Uhr, 15.00 Uhr und um 19.00 Uhr.

Gemäß der in den ersten Lebenstagen bestehenden "physiologischen Exsiccose" des Neugeborenen (50) existieren für Hämoglobin und Hämatokrit sehr hohe Werte, die langsam abfallen. Auffallend ist ein kurzfristiger Anstieg am dritten postpartalen Tag. Erwartungsgemäß ist der Kurvenverlauf für Hämoglobin und Hämatokritwert nahezu identisch.

Die Unterschiede der Hb-Werte an den fünf Tagen wiesen sich als signifikant aus, das Niveau 0,05 wurde erreicht. Beim Hämatokrit wurde das Niveau 0,01 überschritten.

Bei den drei Tageswerten am dritten Tag wurde beim Hämatokrit das Signifikanzniveau 0,05 erreicht, nicht dagegen beim Hämoglobingehalt.

H ä m o g l o b i n

A u t o r	Methode	Zahl der Fälle	Wert g%	Material
PANTLITSCHKO et al. (70)	Hämoglobin-Cyanid	626	16,9	Neugeb., Entbindung
WULF (109)			16,3	Neugeb., Entbindung
WULF (109)			19,4	Neugeb., 24St. n. Geburt
WULF (109)			19,3	Neugeb., 2. Tag
WULF (109)			19,3	Neugeb., 3. Tag
WULF (109)			18,4	Neugeb., 4. Tag
WULF (109)			18,8	Neugeb., 5. Tag
PANTLITSCHKO et al. (70)	Hämoglobin-Cyanid	382	21,6	Neugeb., 4.-6. Tag
WEIDEL (55)			♂ 15,3 ♀ 14,5	Erwachsene
DENNIG (24)	Hämoglobin-Cyanid		♂ 13,5-18,0 ♀ 11,5-16,0	Erwachsene

H ä m a t o k r i t

A u t o r	Methode	Zahl der Fälle	Wert %	Material
HEGGLIN (92)			♂ 40 - 54 ♀ 37 - 47	Erwachsene
WEIDEL (55)			♂ 46 ♀ 41	Erwachsene
DENNIG (24)			♂ 43 - 49 ♀ 36 - 45	Erwachsene

Tab. XXII: In der Literatur angegebene Werte für Hämoglobingehalt und Hämatokritwert.

Die Schwankungen und die absoluten Werte des Hämoglobingehaltes im Verlauf der ersten fünf Tage, von WULF (109) angegeben, stimmen recht gut mit denen in der eigenen Arbeit gefundenen überein.

Die Angaben für Erwachsene liegen dagegen tiefer (24, 55), wie zu vermuten gewesen war.

Bei dem Hämatokritwert sind die bei der vorliegenden Untersuchung gemessenen Werte bedeutend höher als die Werte, die für Erwachsene als normal gelten (24, 42, 55).

6. Zusammenfassung

Bei gesunden, reifen Neugeborenen wurden täglich einmal Kalium, Natrium und Magnesium im Plasma und in den Erythrozyten bestimmt sowie der Säure-Basenhaushalt und zusätzlich Hämatokrit und Hämoglobin. Ausserdem wurden diese Werte am dritten Tag post partum um 7⁰⁰ Uhr, 15⁰⁰ Uhr und um 19⁰⁰ Uhr ermittelt.

Für alle Messungen wurde Kapillarblut benutzt. Die benötigte Blutmenge und damit die Belastung der Kinder war daher sehr gering.

Für Kalium fand sich im Plasma und in den Erythrozyten gegenüber der Erwachsenennorm ein erhöhter Wert. Die Plasmakonzentrationen fielen signifikant vom ersten bis zum fünften postpartalen Tag ab. Während des dritten Tages nach der Geburt war ebenfalls ein signifikanter Abfall für die Plasmakonzentrationen zu verzeichnen. In den Erythrozyten liessen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den erhaltenen Mittelwerten finden.

Die Natriumwerte lagen für das Plasma im unteren Bereich, jedoch noch innerhalb der beim Erwachsenen als normal anzusehenden Grenzen. Die Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Die für die Erythrozyten beobachteten Natriumkonzentrationen waren dagegen höher als bei Erwachsenen. Die intraerythrozytäre Konzentration des Natrium nahm sowohl im Laufe der ersten fünf Tage als auch während des dritten Lebenstages signifikant zu.

Die Magnesiumkonzentrationen wurden bei den Neugeborenen erniedrigt gefunden im Vergleich zu den Werten von Erwachsenen.

Im Verlauf der ersten fünf Lebenstage kam es zu einem signifikanten Anstieg des Magnesiumgehaltes im Plasma, während des dritten postpartalen Tages war dagegen keine Konzentrationssteigerung zu verzeichnen. Die Konzentrationen in den Erythrozyten lagen ebenfalls auf einem niedrigeren Niveau als bei Erwachsenen; sie zeigten keine signifikanten Schwankungen.

Als Ursachen für die Besonderheiten der Elektrolytkonzentrationen bei den Neugeborenen wurden die Unreife der Organe, besonders der Nieren, die Belastung durch die Geburt und die noch unvollständige Regulation, besonders deren hormonalen Komponente, des Wasser- und Elektrolythaushaltes diskutiert.

Es wurde versucht, mit Hilfe des Kalium- und Natrium-Kalium-Quotienten Rückschlüsse auf den Ionentransport der Zellmembranen zu ziehen. Dabei fiel auf, daß diese Parameter trotz der sich bessernden Stoffwechsellaage sich nicht der Erwachsenennorm näherten, so daß sie von noch anderen Faktoren abhängig sein müssen.

Beim Säure-Basenhaushalt ließ sich eine ständige Abnahme der Wasserstoffionenkonzentration feststellen - während der ersten fünf Lebenstage sowie im Verlauf des dritten postpartalen Tages.

Der Base-Excess stieg vom ersten Tag von stärker negativen bis zum fünften Tag zu schwächer negativen Werten an; am dritten war während des Tages die gleiche Tendenz zu vermerken. Die Unterschiede für pH und BE waren signifikant, nicht jedoch für den CO_2 -Druck, für den alle Ergebnisse im für Erwachsene gültigen Normbereich lagen.

Als Ursache für die Entstehung der postpartalen Azidose wurden der Geburtsvorgang, die Umstellung auf die Lungenatmung, Einschwemmen von sauren Metaboliten, Störung der Plazentardurchblutung durch die Uteruskontraktionen, ein Übertritt von sauren Valenzen von der Mutter auf das Kind, ein verstärkter Gewebekatabolismus der Neugeborenen, die Unreife der Nieren sowie die postpartale Oxygenierung des vor der Geburt reduzierten Hämoglobins erörtert.

Die erhaltenen Ergebnisse wurden mit denen in der Literatur vorkommenden verglichen und diskutiert.

7. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

1. ALBERS, C., F. KAPPEY u. P. THIELE:

Die Elektrolytbrücke als Fehlerquelle bei der pH-Messung.

Klin. Wschr. 41 (1963), 1095

2. ALBERT, D.G., Y MORITA u. L.T. ISERI:

Serum-Mg and plasma sodium levels in essential vascular hypertension.

Circulation 17 (1958), 761

3. BARNETT, H.L.: Discrete Kidney Function in Young Infants. The Rate of Postnatal Development.

In: Infant Metabolism. The Macmillan Company, New York (1956), 415

4. BARNETT, H.L. u. J. VESTERDAL:

J. of Pediatr. 42 (1953), 99

5. BARNETT, H.L.: Water and Electrolyte Metabolism.

In: Infant Metabolism. The Macmillan Company, New York (1956), 1

6. BATES, R.G.:

Electrometric pH Determinations.

John Wiley and Sons, Inc., New York, 1954

7. BAUM, P. u. R. CZOK:

Enzymatische Bestimmung von ionisiertem Magnesium im Plasma.

Biochem. Zschr. 332 (1959), 121

8. BECHER, E. u. K. HAMANN:

Studien über das Verhalten des Magnesiums im Organismus, insbesondere im Blut.

Dtsch. Arch. klin. Med. 173 (1932), 500

9. BEILIN, L.J., G.J. KNIGHT, A.D. MUNRO-FAURE u.

J. ANDERSON:

The sodium, potassium, and water contents of red blood cells of healthy human adults.

J. clin. Invest. 45 (1966), 1817 - 1826

10. BERG, D. u. J. DÖRRLER:

Das Verhalten des Säure-Basen-Haushaltes am ersten Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung der ersten Lebensminuten.

Geburtsh. u. Frauenheilk. 29 (1969), 980

11. BERNSTEIN, M. u. S. SIMKINS:

Magnesium content of blood serum and urine.

J. Laborat. Clin. Med., S. Louis 26 (1940), 521

12. BEUTNAGEL, H., D. GAUCH u. H. FÄBEL:

Blutgase und Säuren-Basen-Haushalt von normalen Neugeborenen am ersten Lebenstag.

Z. Geburtsh. u. Gynäk. 175 (1971),

1

13. BOX, G.F. u. A. WALSH:

A simple atomic absorption spectrophotometer.

Spectrochim. Acta 16 (1960), 255

14. BRZEZINSKI, A., Z. KOREN u. S. SAMUELOFF:

Metabolic changes in acid-base balance of the blood in stimulated labour and post-partum.

J. Obstetr. Gynaec. 70 (1963), 50

15. BUCCI, G., A. SCALAMANDRE u. P.G. SAVIGNONI:

Acibase status of "normal" premature infants in the first week of life.

Biol. neonat. 8 (1965), 81

16. BURCK, H.C.:

Der Kalium-, Natrium- und Magnesiumgehalt des plasmafreien Erythrocytensediments und des durchschnittlichen Erythrocyten bei Bestimmung mit Hilfe einer ⁵¹Cr-EDTA-Isotopenverdünnungsverfahren.

Klin. Wschr. 48 (1970), 105-111

17. BURCK, H.C.: Klinische Bedeutung und Meßtechnik des Elektrolytgehaltes durchschnittlicher einzelner Erythrocyten.
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 75 (1969), (im Druck)
18. CZACZKES, J.W., T.D. ULLMANN, L. ULLMANN u. Z. BAR - KOCHBA: Determination of the red blood cell content of water, sodium, and potassium in normal subjects.
J. Lab. Clin. Med. 61 (1963), 873
19. DAHL, S.: Serum Magnesium in Normal Men and Women.
Acta haemat. 4 (1950), 65
20. DANOWSKI, T.S.: Transfer of potassium across human blood cell membrane.
J. biol. Chem. 139 (1941), 693
21. DAWSON, J.B. u. F.W. HEATON: The determination of magnesium in biological materials by atomic absorption spectroscopy.
Biochem. J. 80 (1961), 99
22. DEAN, R.F.A. u. R.A. Mc. CANCE: The renal response of infants and adults to the administration of hypertonic solutions of sodium chloride and urea.
J. Physiol. (London) 109 (1949), 81

23. DENNIG, H.: Lehrbuch der Inneren Medizin,
I. Band
Georg Thieme Verlag, Stuttgart,
8. Auflage, 1969
24. DENNIG, H.: Lehrbuch der Inneren Medizin,
II. Band
Georg Thieme Verlag, Stuttgart,
8. Auflage, 1969
25. DOCUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen
Geigy, 7. Aufl. Basel (1968)
26. ELKINTON, J.R.: The Role of magnesium in the
body fluids.
Clin. Chem. 3 (1957), 319
27. EWERBECK, H.: Neugeborene und Frühgeborene.
Mschr. Kinderheilk. 103 (1955),
277 - 287
28. FISCHER, W.M. u. W. TOUSSAINT:
Über den Säure-Basen-Haushalt
beim Neugeborenen;
Untersuchungen in den ersten
Lebensminuten.
Arch. Gynäk. 199 (1963), 182
29. GANDY, G., L. GRANN, N. CUNNINGHAM, K. ADAMSONS u.
L.S. JAMES: The validity of pH and pCO_2
measurements in capillary samples
in sick and healthy newborn in-
fants.
Pediatrics 34 (1964), 192

30. GESSLER, U.: Intra- und extracelluläre Elektrolytveränderungen bei metabolischer Acidose.
Klin. Wschr. 39 (1961), 232-238
31. GESSLER, U.: Zum Mineralhaushalt der Erythrocyten bei der Niereninsuffizienz.
Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 66 (1960), 868-870
32. GILBERT, D.L.: Effect of pH on Muscle Calcium and Magnesium.
Proc. Soc. Exper. Biol. Med., N.Y. 106 (1961), 550
33. GIMBLET, E.G., A.F. MARNEY u. R.W. BONSNES: Determination of calcium and magnesium in serum, urine, diet, and stool by atomic absorption spectrophotometry.
Clin. Chem. 13 (1967), 204
34. GLADTKE, E.: Die Reifung von Stoffwechselfunktionen beim Neugeborenen.
Med. Welt 21 (1970), 1305
35. GREENBERG, D.M., C.P. LUCIA, M.A. MACKEY u. E.V. TUFTS: The magnesium content of the plasma and the red corpuscles in human blood.
J. Biol. Chem., Baltimore 100 (1933), 139

36. GROSS, W. u. P. WENDEL:
Kalium und Natrium in Serum und
Erythrocyten in Abhängigkeit
vom Zellvolumen.
Med. Klin. 26 (1966), 1029-1031
37. HALD, P.M.:
The determination of the bases
of serum and whole blood.
J. Biol. Chem. 103 (1933), 471
38. HALL, D.G.:
Serum magnesium in pregnancy.
J. Obstetr. Gynaec. 9 (1957),
158
39. HÄNZE, S.:
Der Magnesiumstoffwechsel, Phy-
siologie und Klinik.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
1962
40. HAURY, V.G. u. A. CANTAROW:
Variations in serum magnesium
in 52 normal and 440 pathologic
patients.
J. Laborat. Clin. Med. 27 (1942),
616
41. HEATON, F.W., L.N. PYRAH, C.C. BERESFORD, R.W. BRYSON u.
D.F. MARTIN:
Hypomagnesaemia in chronic alco-
holism.
Lancet 2 (1962), 802

42. HEGGLIN, R.: Differentialdiagnose innerer Krankheiten.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart,
11. Auflage, 1969
43. HERRMANN, R. u. W. LANG:
Analysis of sodium and potassium
in sera with the help of absorption
flame photometry.
Z. Ges. Exp. Med. 134 (1961),
268
44. HERRMANN, R. u. W. LANG:
Determination of magnesium in serum
and other body fluids by absorption
flame photometry.
Z. Ges. Exp. Med. 135 (1962), 569
45. HERS, H.G.:
Role du magnesium et du potassium
dans la reaction fructokinase.
Biochim. biophys. Acta 8 (1952),
424
46. HESS, R., I. MAC INTYRE, N. ALCOCK u. A.G.E. PEARSE:
Histochemical changes in rat kidney
in Magnesium deprivation.
Brit. J. Exper. Path. 40 (1959),
80

47. HICKL, E.J.: Die prognostische Bedeutung des Säure-Basen-Status und der Sauerstoffsättigung im Kapillarblut des Neugeborenen.
Z. Geburtsh. 169 (1968), Beilageheft Zustandsdiagnostik - Reanimation, 25
48. HILLS, A.G., D.W. PEARSON, G.D. WEBSTER, O. ROSENTHAL u. H. CONOVER: Influence of the renal excretion of sodium chloride upon the renal excretion of magnesium and other ions by human subjects.
J. Clin. Endocr., Springfield 19 (1959), 1192
49. HORN, D.B. u. A.L. LATNER:
Clin. Chem. 9 (1963), 458
50. HUNGERLAND, H.: Klinik des Flüssigkeitshaushaltes beim Säugling.
Mschr. Kinderheilk. 106 (1958), 90-99
51. HUNTER, G.: Calcium and Magnesium Content of normal Human Blood Serum.
Nature 182 (1958), 263
52. JONES, G. u. A. WALSH:
Hollow-cathode discharges - the construction and characteristics of sealed-off tubes for use as spectroscopic light sources.
Spectrochim. Acta 16 (1960), 249

53. KAPITOLA, J., O. KÜCHEL u. E. NOVAK:

Magnesium im Plasma und in den Erythrocyten bei Niereninsuffizienz.

Klin. Wschr. 39 (1961), 809

54. KASHIWA, H.K.:

Magnesium Deficiency in intact, in adrenalectomized and in hypophysectomized Rats.

Endocrinology, 68 (1961), 80

55. KEIDEL, W.D.:

Kurzgefasstes Lehrbuch der Physiologie.

Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1967

56. KLEIN, B., J.H. KAUFMANN u. M. OKLANDER:

Automated atomic absorption in spectrophotometry II. the determination of serum magnesium.

Clin. Chem. 13 (1967), 788

57. KUNZEL, W. u. H. WULF:

Vergleichende Untersuchungen der aktuellen Blutgase und des Säure-Base-Status zwischen maternem und fetalem Blut unter der Geburt.

Geburtsh. u. Frauenheilk. 27 (1967), I, 436

58. LANG, K. u. R. SCHÖN:

Die Ernährung, Physiologie, Pathologie, Therapie.

Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1952)

59. LOSSE, H. u. W. KOENIG:

Das Verhalten des Serum-Magnesium-Spiegels bei akuten und chronischen Nierenerkrankungen.

Dtsch. med. Wschr. 86 (1961), 824

60. LOSSE, H., H. WEHMEYER u. F. WESSELS:

Der Wasser- und Elektrolythaushalt von Erythrocyten bei arterieller Hypertonie.

Klin. Wschr. 38 (1960), 393

61. MARTIN, H.E., J. MEHL u. M. WESTMANN:

Symposium on recent advances in medicine; clinical studies of magnesium metabolism.

Med. Clin. N. Amer. 36 (1952),
1157

62. MC. CANCE, R.A.:

The Bearing of Age upon the Maintenance of Electrolyte Stability.

In: Stewart, C.P. et Strengers F.
Water and Electrolyte Metabolism.
Elsevier, Amsterdam (1961), 23

63. MC. CANCE, R.A.: The Maintenance of Stability in the newly born.
Reprinted from Archives of Disease in Childhood 34 (1959), 177-178
64. MC. CANCE, R.A. u. E.M. WIDDOWSON:
The response of the new-born piglet to an excess of potassium.
J. Physiol. (London) 141 (1958), 88
65. MICHEL, C.F.: Der Serum-Magnesiumspiegel während des Zyklus, in der Schwangerschaft und unter der Geburt.
Habilitationsschrift.
Justus-Liebig-Universität Gießen (1964)
66. MICHEL, C.F.: Elektrolyte und Gesamteiweiß im Nabelvenenblut.
Arch. Gynäk. 196 (1961/62), 463
67. NORINDER, F.: Quantitativ-spektralanalytische Bestimmungen von Calcium, Kalium und Magnesium in kleinen Blutserum-mengen.
Biochem. Zschr. 299 (1938), 168
68. OBOLENSKY, W.: Der Einfluss der Uterustätigkeit auf den fetalen Säurebasenhaushalt.
Z. Geburtsh. u. Gynäk. 173 (1970), 180

69. ORANGE, M. u. H.C. RHEIN:

Microestimation of Mg in body fluids.
J. Biol. Chem., Baltimore 189 (1951),
379

70. PANTLITSCHKO, M., E. ROBERG, G. WEIPPL u. P. BAUER:

Normalwerte und Verteilung von Hämoglobin beim Neugeborenen.
Wien. klin. Wschr. 82 (1970), 785

71. PRASAD, A.S., E.B. FLINK u. E.B. BROWN JR.:

Plasma ultrafiltrable Magnesium in Respiratory alkalosis and acidosis.
Proc. Soc. Exper. Biol. Med.,
N.Y. 96 (1957), 629

72. PRASAD, A.S., E.B. FLINK u. H.H. ZINNEBANN:

The base binding property of the serum proteins with respect to magnesium.
J. Laborat. Clin. Med., S. Louis 54
(1959), 352

73. PRASAD, A.S., E.B. FLINK, H.H. ZINNEBANN u. R. MC. COLLISTER:

Magnesium - protein relationship and status of ultrafiltrable magnesium in normal and abnormal human sera.
Clin. Res. 6 (1958), 260

74. PRUDEN, E.L., R. MEIER u. D. PLAUT:

Comparison of serum magnesium values by photometry, fluorometry, atomic absorption and flame emission methods.

Clin. Chem. 12 (1966), 613

75. RIECKER, G.:

Über den intracellulären Wasser- und Elektrolytstoffwechsel. Untersuchungen an Erythrozyten.

Klin. Wschr. 35 (1957), 1158

76. RIECKER, G. u. M. v. BUBNOFF:

Über den intracellulären Wasser- und Elektrolytstoffwechsel. Untersuchungen an Erythrozyten.

Klin. Wschr. 36 (1958), 556

77. ROGNER, G. u. J. FRENZEL:

Säure-Basen-Haushalt des reifen Neugeborenen in der ersten Lebenswoche.

Zbl. Gynäk. 88 (1966), 1779

78. ROTH, G. u. B. THALME:

Validity of buffer base and base excess in the perinatal acid-base studies.

Amer. J. Obstetr. Gynec. 108 (1970), 282

79. SALING, E.:

Das Kind im Bereich der Geburtshilfe.

Thieme, Stuttgart, 1966

80. SALING, E. u. K.H. WULFF:
Zustandsdiagnostik beim Neugeborenen, Gruppeneinteilung.
Fortschr. Med. 89 (1971), 12
81. SCHMIDT, G.W.:
Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt bei parenteraler Ernährung des Säuglings und Kleinkindes.
Thoraxchirurgie 9 (1961), 166-170
82. SCHRÖDER, E. u. E. WETZELS:
Das Verhalten der Natrium- und Kaliumkonzentrationen in Serum und Erythrozyten während der extrakorporalen Hämodialyse bei Patienten mit akutem Nierenversagen.
In: P. v. Dittrich. Aktuelle Probleme der Hämodialyse und der chronischen Niereninsuffizienz.
Urban u. Schwarzenberg, München, Berlin (1966)
83. SCHWAB, M.:
Die methodischen Grundlagen der Blut-pH-Messung.
Klin. Wschr. 36 (1958), 349
84. SCHWAB, M. u. H. WISSER:
Zur Methodik der Blut-pH-Messung.
Klin. Wschr. 40 (1962), 713
85. SEVERINGHAUS, J.W., M. STUPPEL u. A.F. BRADLEY:
Accuracy of Blood pH and $p\text{CO}_2$ Determinations.
J. Appl. Physiol., Wash' 9 (1956), 189

86. SIGGAARD-ANDERSEN, O.:

Factors affecting the liquid -
junction potential in electrome-
tric blood - pH measurement.

Scand. J. Clin. Laborat. Invest.
13 (1961), 205

87. SIGGAARD-ANDERSEN, O.:

A graphic representation of changes
of the acid-base status.

Scand. J. Clin. Lab. Invest. 12,
(1960), 311

88. SIGGAARD-ANDERSEN, O.:

Sampling and storing of Blood for
determination of acid-base status.

Scand. J. Clin. Laborat. Invest. 13,
(1961), 196

89. SIGGAARD-ANDERSEN, O.:

The pH - log pCO₂ Blood Acid - Base
Nomogramm revised.

Scand. J. Clin. Laborat. Invest.
14 (1962), 598

90. SILVER, L., J.S. ROBERTSON u. L.K. DAHL:

Magnesium turnover in the human
studied with Mg²⁸.

J. Clin. Invest. 39 (1960), 420

91. SMITH, W.O., D.J. BAXTER, A. LINDER u. H.E. GINN:

Effect of magnesium depletion on
renal function in the rat.

J. Laborat. Clin. Med., S. Louis
59 (1962), 211

92. SOERGEL, MARCOTTY, U. PHILIPP, W. REHRMANN u. H.J. RUOFF:
Klinischer Status praesens und postpartale Blutgasanalyse der Neugeborenen.
Geburtsh. u. Frauenheilk. 30 (1970), 1083
93. SÖRENSEN, S.P.L.: Über die Messung und Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei biologischen Prozessen.
Erg. Physiol. 12 (1912), 393
94. STAPLETON, T.: Mineral metabolism.
In: Modern Trends in Paediatrics. Butterworth, London (1958)
95. STEWART, W.K., F. HUTCHINSON u. L.W. FLEMING:
The estimation of magnesium in serum and urine by atomic absorption spectrophotometry.
J. Lab. Clin. Med. 61 (1963), 858
96. VERROTTI, M.: Crisi del neonato e sindrome generale di adattamento.
Clin. pediatr. 35 (1953), 16
97. WACKER, W.E.C. u. B.L. VALLEE:
A study of magnesium metabolism in acute renal failure employing a multichannel flame spectrometer.
New Engl. J. Med. 257 (1957), 1254

98. WALKER, B.S. u. E.W. WALKER:
Normal magnesium metabolism and
its significant disturbances.
J. Laborat. Clin. Med., S. Louis
21 (1936), 713
99. WALLACH, S., L.N. CAHILL, F.H. ROGAN u. H.L. JONES:
Plasma and Erythrocyte magnesium
in health and disease.
J. Laborat. Clin. Med., S. Louis
59 (1962), 195
100. WALSH, A.:
The application of atomic absorp-
tion spectra to chemical analysis.
Spectrochim. Acta 7 (1955), 108
101. WEISBROT, J.M., L.S. JAMES, C.H. PRINCE, D.A. HOLADAY
u. V. APGAR:
Acid base homeostasis of the new-
born infant during the first 24
hours of life.
J. Pediat. 52 (1958), 395
102. WILLIS, J.B.:
Determination of magnesium in blood
serum by atomic absorption spectro-
scopy.
Nature 184 (1959), 186
103. WILLIS, J.B.:
The determination of metals in blood
serum by atomic absorption spectro-
scopy I. Calcium.
Spectrochim. Acta 16 (1960), 259

104. WILLIS, J.B.: The determination of metals in blood serum by atomic absorption spectroscopy II. Magnesium. Spectrochim. Acta 16 (1960), 273
105. WILLIS, J.B.: The determination of metals in blood serum by atomic absorption spectroscopy. Spectrochim. Acta 16 (1960), 551
106. WULF, H.: Blutgaswerte und Neugeborenenatmung. Klin. Wschr. 36 (1958), 234
107. WULF, H.: Der Gasaustausch in der reifen Placenta des Menschen. I. Teil. Z. Geburtsh. Gynäk. 158 (1962), 117
108. WULF, H.: Der Gasaustausch in der reifen Placenta des Menschen. II. Teil. Z. Geburtsh. Gynäk. 158 (1962), 269
109. WULF, H.: Physiologie der perinatalen Adaptation. Der Gynäkologe 1 (1968), 47
110. WULF, H., W. KUNZEL u. V. LEHMANN: Vergleichende Untersuchungen der aktuellen Blutgase und des Säure-Basen-Status im fetalen und mütterlichen Kapillarblut während der Geburt. Z. Geburtsh. Gynäk. 167 (1967), 113

8. Lebenslauf

Am 24. Dezember 1946 wurde ich, Gerhard Christian R a u t h e , als zweiter Sohn des Arztes Dr. Gerhard Rauthe und seiner Ehefrau Hela, geborene Kurz, in Hellersen, Kreis Alten, geboren.

Im Jahre 1953 wurde ich in Meinerzhagen eingeschult. Ab 1957 besuchte ich das Städtische Gymnasium in Gummersbach, wo ich am 3. März 1966 die Matura an dessen mathematisch-naturwissenschaftlichem Zweig ablegte.

Im Sommersemester 1966 begann ich mit dem Medizinstudium an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn. Nach zwei Semestern bestand ich die naturwissenschaftliche, nach drei weiteren Semestern die ärztliche Vorprüfung. Während des ersten klinischen Semesters blieb ich in Bonn. Das zweite klinische Semester absolvierte ich an der Universität Wien; danach immatrikulierte ich mich an der Justus-Liebig-Universität in Gießen, wo ich bis zu meinem Staatsexamen, das ich im zwölften Semester am 19. Januar 1972 ablegte, blieb.

Während der Medizinalassistentenzeit arbeitete ich vier Monate lang an der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses in Leutkirch, anschließend vier Monate an der Universitäts-Frauenklinik Gießen und danach vier Monate an der Inneren Abteilung am Krankenhaus in Gummersbach.

Zur Zeit bin ich als wissenschaftlicher Bediensteter an der Frauenklinik Gießen angestellt, nachdem ich im April 1973 meine Approbation als Arzt erlangte.

Chemoprint-Druck 63 Gießen Frankfurter Str. 131 Ruf (06 41) 2 17 12